

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-012286

(43)Date of publication of application : 16.01.2001

(51)Int.Cl.

F02D 41/34

F02D 41/02

F02D 41/04

(21)Application number : 11-179978

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 25.06.1999

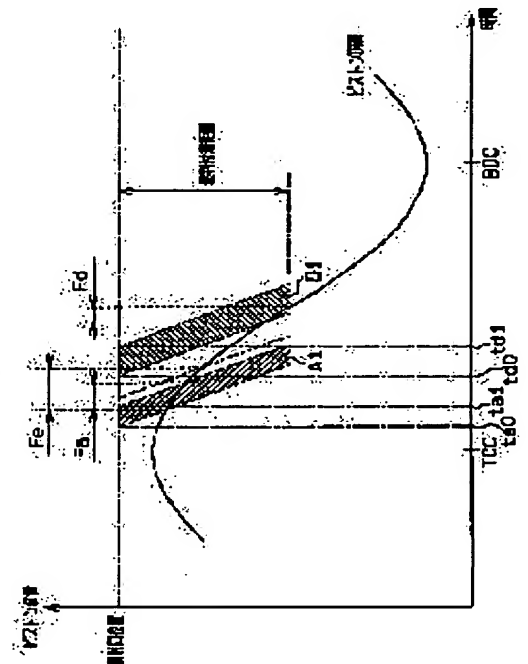
(72)Inventor : KAMIJO YUSUKE

## (54) FUEL INJECTION CONTROL DEVICE FOR CYLINDER FUEL INJECTION INTERNAL COMBUSTION ENGINE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a fuel injection control device which can suppress a sticking amount of fuel to a piston top surface even when a fuel amount is increased in a cylinder fuel injection internal combustion engine.

**SOLUTION:** In an intake stroke injection, the start timing of fuel injection is delayed in accordance with an increase correction amount of injection fuel. In this way, as compared with a liquid-state fuel flying region A1 without increase correction, a direct hit to a piston top surface is eliminated in a liquid-state fuel flying region D1 applying increase correction, and the piston top surface is prevented from being exposed in liquid-state fuel for a long time. Accordingly, even when fuel is increased, increasing of a sticking amount of fuel to the piston top surface can be suppressed, so as to prevent generation of a problem by deposition of carbon.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 31.08.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder characterized by adjusting the fuel injection by said fuel injection valve so that it is the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder which injects a direct fuel from a fuel injection valve to a combustion chamber, and the distance of said fuel injection valve and piston-top surface at the time of fuel injection may become longer than the distance which changes naturally corresponding to the increment in a fuel, when the fuel injected from said fuel injection valve is increased.

[Claim 2] The increment in said fuel is the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 1 characterized by being what depended on increase-in-quantity amendment.

[Claim 3] The fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 1 or 2 characterized by carrying out the lag of the fuel-injection initiation stage with the fuel-injection gestalt which injects a fuel like an inhalation-of-air line when a fuel is increased.

[Claim 4] The lag of said fuel-injection initiation stage in case a fuel is increased is the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 3 characterized by carrying out when injecting a fuel like the inhalation-of-air line after warming up.

[Claim 5] The fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 1 or 2 characterized by making fuel injection duration longer than the fuel injection duration which changes naturally corresponding to the increment in a fuel with the fuel-injection gestalt which injects a fuel like an inhalation-of-air line when a fuel is increased.

[Claim 6] The fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 5 characterized by making fuel injection duration longer than the fuel injection duration which changes naturally corresponding to the increment in a fuel by reducing fuel pressure when a fuel is increased.

[Claim 7] The fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 1 or 2 characterized by shortening fuel injection duration with the fuel-injection gestalt which injects a fuel in a compression stroke when a fuel is increased.

[Claim 8] The fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 7 characterized by shortening fuel injection duration by raising fuel pressure when a fuel is increased.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder which injects a direct fuel from a fuel injection valve to a combustion chamber.

[0002]

[Description of the Prior Art] By making a combustible gas mixture exist in the shape of a layer near the ignition plug, the injection type internal combustion engine in a cylinder which raises flammability also in a thin air-fuel ratio, and raises a theoretical thermal efficiency is known by injecting a direct fuel to a combustion chamber at the time of a compression stroke (JP,10-176562,A). In such an injection type internal combustion engine in a cylinder, injection is performed for the inhalation-of-air line in the inside heavy load in addition to said compression stroke injection.

[0003] In order that generating of a smoke may be prevented and this inhalation-of-air line may obtain the optimal output torque in injection, the fuel-injection initiation stage is set as the phase location near a top dead center, the phase location which carried out the tooth lead angle, i.e., a piston location. In injection, before the fuel injected from the fuel injection valve fully evaporates at the time of engine low temperature, a piston-top surface is reached, a fuel may serve as liquid membrane at a piston-top surface, and such an inhalation-of-air line may adhere. And a smoke may occur by this.

[0004] So, with said conventional technique, in order to avoid formation of the fuel liquid membrane to such a piston-top surface, when an inhalation-of-air line injects at the time of engine low temperature, lag amendment of the fuel-injection initiation stage is carried out, and fuel coating weight to a piston-top surface is controlled.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the injection type internal combustion engine in a cylinder, it turned out that there is a possibility that the fuel coating weight to a piston-top surface may increase, and carbon may accumulate in a piston-top surface also according to factors other than engine low temperature.

[0006] That is, as mentioned above, when the fuel-injection initiation stage is set as the phase location where a piston is in the condition near a top dead center in injection as an inhalation-of-air line, a certain fuel increase-in-quantity amendment may be made. For example, in connection with the lag of the ignition timing having been carried out for knock control, the fuel increase-in-quantity amendment for controlling an exhaust gas temperature rise may be made.

[0007] If such fuel increase-in-quantity amendment is made, the adhesion fuel quantity to a piston-top surface will increase. There is a possibility of some fuels serving as carbon, it accumulating by this, without burning completely, and producing a bite lump of carbon between a piston side face and cylinder inner skin etc. Besides this, a combustion chamber contracts by deposition of carbon, a compression ratio rises, and there is a possibility of carrying out or having a bad influence on stratification combustion according to deformation of a combustion chamber it being easy to generate knocking.

[0008] Deposition of the carbon which originates in such fuel increase in quantity, and is produced has a possibility that it may be generated at the time of increase in quantity of the fuel according to the increment in the demand torque accompanying actuation of an accelerator pedal.

[0009] This invention aims at offer of the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder which can control the fuel coating weight to a piston-top surface, even if fuel increase in quantity is performed to a combustion chamber in the injection type internal combustion

engine in a cylinder which injects a direct fuel from a fuel injection valve.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 1 is a fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder which injects a direct fuel from a fuel injection valve to a combustion chamber, and when the fuel injected from said fuel injection valve is increased, it is characterized by to adjust the fuel injection by said fuel injection valve so that the distance of said fuel injection valve and piston-top surface at the time of fuel injection may become longer than the distance which changes naturally corresponding to the increment in a fuel.

[0011] Thus, an increment of fuel oil consumption is adjusting the fuel injection by the fuel injection valve so that the distance of the fuel injection valve and piston-top surface at the time of fuel injection may usually become longer than the distance which changes with increase in quantity of a fuel naturally. For this reason, the rate which reaches while the fuel with which the distance from a fuel injection valve to a piston-top surface became long, and was injected rather than usual has been a liquid, even if a fuel increases falls. Therefore, even if a fuel increases, the fuel coating weight to a piston-top surface can be controlled.

[0012] The fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 2 is characterized by the increment in said fuel being what is depended on increase-in-quantity amendment to a configuration according to claim 1. Thus, the amounts of increase-in-quantity amendments, such as fuel increase in quantity for elevated-temperature-ized control of a catalyst, can also mention the increment in a fuel in addition to the increment according to demand torque. If increase-in-quantity amendment is made also in this case, the operation effectiveness of claim 1 can be produced by adjusting the fuel injection by the fuel injection valve so that the distance of the fuel injection valve and piston-top surface at the time of fuel injection may become longer than usual.

[0013] To a configuration according to claim 1 or 2, with the fuel-injection gestalt which injects a fuel like an inhalation-of-air line, the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 3 is characterized by carrying out the lag of the fuel-injection initiation stage, when a fuel is increased.

[0014] Like an inhalation-of-air line, since it is separated from a fuel injection valve, when injecting a fuel like an inhalation-of-air line, if a piston has the increment in a fuel, it can make distance of a fuel injection valve and a piston-top surface longer than usual by carrying out the lag of the fuel-injection initiation stage. Therefore, the operation effectiveness of claims 1 or 2 can be produced.

[0015] The lag of said fuel-injection initiation stage in case, as for the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 4, a fuel is increased to a configuration according to claim 3 is characterized by carrying out, when injecting a fuel like the inhalation-of-air line after warming up.

[0016] The lag of a fuel-injection initiation stage when the increment in a fuel is carried out may perform such an inhalation-of-air line only within the warming-up back by injection. By this, the operation effectiveness of claim 3 can be especially produced at the time of increase-in-quantity amendment of the fuel increase in quantity for elevated-temperature-ized control of a catalyst etc.

[0017] With the fuel-injection gestalt which injects a fuel like an inhalation-of-air line to a configuration according to claim 1 or 2, the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 5 is characterized by making fuel injection duration longer than the fuel injection duration which changes naturally corresponding to the increment in a fuel, when a fuel is increased.

[0018] If there is an increment in a fuel when injecting a fuel like an inhalation-of-air line, fuel injection duration will be made longer than the fuel injection duration which changes naturally corresponding to the increment in a fuel. A piston is separated from a fuel injection valve like an inhalation-of-air line. Therefore, when injecting a fuel like an inhalation-of-air line, by the whole fuel injection duration, distance of a fuel injection valve and a piston-top surface can be made longer than the time of the usual increment also by making fuel injection duration longer than the usual fuel injection duration.

[0019] That is, when fuel injection duration is made longer than the die length naturally produced by the increment in a fuel in the time of the increment in a fuel, as the whole fuel injection duration, it will shift to a lag side rather than usual. And the distance of a fuel injection valve and a piston-top surface becomes long, so that it sets like an inhalation-of-air line and the telophase of fuel injection duration is approached. For this reason, if a fuel increases, in the whole fuel injection duration, the distance of a fuel injection valve and a piston-top surface will become long. By this, distance of a fuel injection valve and a piston-top surface can

be lengthened as the whole fuel injection duration. Therefore, the operation effectiveness of claims 1 or 2 can be produced.

[0020] The fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 6 is characterized by making fuel injection duration longer than the fuel injection duration which changes naturally corresponding to the increment in a fuel by reducing fuel pressure, when a fuel is increased to a configuration according to claim 5.

[0021] Thus, the technique to which fuel pressure is reduced can be mentioned from the usual fuel injection duration by making fuel injection duration into the technique to lengthen. The operation effectiveness of claim 5 can be produced by this.

[0022] With the fuel-injection gestalt which injects a fuel in a compression stroke to a configuration according to claim 1 or 2, the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 7 is characterized by shortening fuel injection duration, when a fuel is increased.

[0023] Thus, when injecting a fuel in a compression stroke, distance of the fuel injection valve and piston-top surface in the whole fuel injection duration can be made longer than the time of the usual increment also by shortening fuel injection duration at the time of the increment in a fuel.

[0024] That is, if fuel injection duration is shortened that a fuel-injection initiation stage does not change, the whole fuel injection duration will shift to a tooth-lead-angle side. Since a piston approaches a fuel injection valve in a compression stroke, as the telophase of fuel injection duration is early in a compression stroke, by the whole fuel injection duration, the distance of a fuel injection valve and a piston-top surface becomes longer. Therefore, the operation effectiveness of claims 1 or 2 can be produced.

[0025] The fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 8 is characterized by shortening fuel injection duration by raising fuel pressure, when a fuel is increased to a configuration according to claim 7.

[0026] Thus, it can consider as the technique of shortening fuel injection duration, and the technique of raising fuel pressure can be mentioned. The operation effectiveness of claim 7 can be produced by this.

[0027]

[Embodiment of the Invention] [Gestalt 1 of operation] drawing 1 expresses the outline configuration of the injection type internal combustion engine in a cylinder with which invention mentioned above was applied, and its control system.

[0028] Since an automobile is driven with the output, the gasoline engine (it abbreviates to an "engine" hereafter) 2 as an injection type internal combustion engine in a cylinder is carried in the automobile. This engine 2 has four cylinder 2a. As shown also in drawing 2 - drawing 5, the combustion chamber 10 divided by the piston 6 which reciprocates within a cylinder block 4 and a cylinder block 4, and the cylinder head 8 attached on the cylinder block 4 is formed in each cylinder 2a, respectively.

[0029] And the exhaust valve 16 of 1st inlet-valve 12a, 2nd inlet-valve 12b, and a pair is formed in each combustion chamber 10, respectively. 1st inlet-valve 12a is connected to 1st suction-port 14a among this, 2nd inlet-valve 12b is connected to 2nd suction-port 14b, and the exhaust valve 16 of a pair is connected to the exhaust air port 18 of a pair, respectively.

[0030] Drawing 2 is the flat-surface sectional view of the cylinder head 8, and 1st suction-port 14a and 2nd suction-port 14b are straight-way-type suction ports prolonged in the shape of an abbreviation straight line so that it may be illustrated. Moreover, the ignition plug 20 is arranged in the center section of the internal surface of the cylinder head 8. Furthermore, the Maine injector (it is equivalent to a fuel injection valve) 22 is arranged at the internal-surface periphery of the cylinder head 8 1st inlet-valve 12a and near the 2nd inlet-valve 12b so that a direct fuel can be injected in a combustion chamber 10.

[0031] In addition, the top view of a top face [ in / in drawing 3 / a piston 6 ], a X-X sectional view [ in / in drawing 4 / drawing 2 ], and drawing 5 are the Y-Y sectional views in drawing 2. On the top face of the piston 6 formed in abbreviation Yamagata so that it might be illustrated, the crevice 24 which has the profile configuration of the dome shape prolonged from the lower part of the Maine injector 22 to the lower part of an ignition plug 20 is formed.

[0032] As shown in drawing 1, 1st suction-port 14 of each cylinder 2a is connected to the surge tank 32 through 1st inhalation-of-air path 30a formed in the inlet manifold 30. Moreover, 2nd suction-port 14b is connected with the surge tank 32 through 2nd inhalation-of-air path 30b. In this and 2nd inhalation-of-air path 30b, the air-current control valve 34 is arranged, respectively. While connecting through the common shaft 36, closing motion actuation of these air-current control valves 34 is carried out by the negative pressure type actuator 37 through this shaft 36. In addition, when the air-current control valve 34 is made

into a closed state, the revolution style S strong in a combustion chamber 10 (drawing 2) arises by the inhalation of air inhaled only from 1st suction-port 14a.

[0033] The surge tank 32 is connected with the air cleaner 42 through the air intake duct 40. In the air intake duct 40, the throttle valve 46 driven by the motor 44 (a DC motor or step motor) is arranged. The opening (throttle opening TA) of this throttle valve 46 is detected by throttle opening sensor 46a, and the opening control according to operational status is made. Moreover, each exhaust air port 18 of each cylinder 2a is connected with the exhaust manifold 48. The exhaust manifold 48 purified exhaust air through the catalytic converter 49, and has discharged it outside.

[0034] The fuel distribution tube 50 is formed in the cylinder head 8 1st inlet-valve 12a and near the 2nd inlet-valve 12b. The Maine injector 22 formed in each cylinder 2a is connected to this fuel distribution tube 50. In case stratification combustion and homogeneity combustion are performed, a fuel is injected in the direct combustion chamber 10 from this Maine injector 22.

[0035] Moreover, the subinjector 52 is attached in the surge tank 32. At the time of low-temperature starting, a fuel is temporarily injected in a surge tank 32 from this subinjector 52. This subinjector 52 can inject a fuel in the state of high atomization with a very small particle size as compared with the Maine injector 22.

[0036] The fuel distribution tube 50 which has distributed the fuel to the Maine injector 22 is connected to high pressure pumping 54 through high-pressure fuel path 54a. Check valve 54b which regulates that a fuel flows backwards is prepared in the high-pressure-pumping 54 side from the fuel distribution tube 50 at high-pressure fuel path 54a. The low voltage pump 58 formed in the fuel tank 56 through low voltage fuel path 54c is connected to high pressure pumping 54.

[0037] The low voltage pump 58 feeds a fuel to high pressure pumping 54 suction and by carrying out the regurgitation through low voltage fuel path 54c for the fuel in a fuel tank 56. With this, low voltage fuel path 54c branches on the way, and is connected to the subinjector 52. Therefore, the fuel of a fuel tank 56 is fed by the subinjector 52 through low voltage fuel path 54c from the low voltage pump 58.

[0038] High pressure pumping 54 feeds the pressurized fuel in the fuel distribution tube 50 through high-pressure fuel path 54a while pressurizing a fuel by driving with the crankshaft (illustration abbreviation) of an engine 2 at high pressure. high pressure pumping 54 -- the interior -- electromagnetism -- 54d of spill valves is prepared. this electromagnetism -- when 54d of spill valves is opening, the fuel supplied to high pressure pumping 54 is returned to a fuel tank 56 side, without carrying out pressurization feeding at the fuel distribution tube 50 side. on the other hand, electromagnetism -- when 54d of spill valves is closing the valve, pressurization feeding of the fuel is carried out through high-pressure fuel path 54a to the fuel distribution tube 50 side from high pressure pumping 54. the electromagnetism which mentioned above the electronic control unit ("ECU" is called hereafter) 60 with reference to the detection value of fuel-pressure sensor 50a attached in the fuel distribution tube 50, and the fuel oil consumption separately controlled by ECU60 -- the closing motion stage of 54d of spill valves is controlled. By this, ECU60 adjusts the fuel quantity by which pressurization feeding is carried out from high pressure pumping 54 to the fuel distribution tube 50, and adjusts the fuel pressure in the fuel distribution tube 50 to a required pressure. In addition, the return path of the fuel distribution tube 50 or the superfluous fuel in low voltage fuel path 54c is carrying out the illustration abbreviation.

[0039] ECU60 consisted of a digital computer and is equipped with RAM (random access memory)64, ROM (read-only memory)66, CPU (microprocessor)68, the input port 70, and the output port 72 which were mutually connected through the bidirectional bus 62.

[0040] Throttle opening sensor 46a which detects the throttle opening TA has inputted the output voltage proportional to the opening of a throttle valve 46 into input port 70 through A-D converter 73. Fuel-pressure sensor 50a prepared in the fuel distribution tube 50 has inputted the output voltage proportional to the fuel pressure in the fuel distribution tube 50 into input port 70 through A-D converter 73. The accelerator opening sensor 76 was attached in the accelerator pedal 74, and the output voltage proportional to the amount of treading in of an accelerator pedal 74 is inputted into input port 70 through A-D converter 73. The top dead center sensor 80 generates an output pulse, when the No. 1 cylinder of for example, the cylinder 2a reaches an inhalation-of-air top dead center, and this output pulse is inputted into input port 70. The crank angle sensor 82 generates an output pulse, whenever a crankshaft rotates 30 degrees, and this output pulse is inputted into input port 70. In CPU68, a current crank angle is calculated from the output pulse of the top dead center sensor 80, and the output pulse of the crank angle sensor 82, and an engine speed NE is calculated from the frequency of the output pulse of the crank angle sensor 82.

[0041] The intake-pressure sensor 84 was formed in the surge tank 32, and the output voltage corresponding



to the intake pressure PM in a surge tank 32 (the pressure of inhalation air: absolute pressure) is inputted into it through A-D converter 73 in input port 70. The coolant temperature sensor 86 was formed in the cylinder block 4 of an engine 2, the circulating water temperature THW of an engine 2 was detected, and the output voltage according to a circulating water temperature THW is inputted into input port 70 through A-D converter 73. The knock sensor 87 was formed in the cylinder block 4 of an engine 2, the frequency band of vibration which originates in knocking among vibration of an engine 2 was detected, and the output voltage according to the reinforcement is inputted into input port 70 through A-D converter 73. The air-fuel ratio sensor 88 was formed in the exhaust manifold 48, and the output voltage according to an air-fuel ratio is inputted into it through A-D converter 73 in input port 70.

[0042] the drive circuit 90 where an output port 72 corresponds -- minding -- each Maine injector 22, the subinjector 52, the negative pressure type actuator 37, a motor 44, and electromagnetism -- it connects with 54d of spill valves, and an ignitor 92, and drive control of each equipments 22, 52, 37, 44, 54d, and 92 is carried out if needed.

[0043] Next, the processing which is performed after the completion of starting in an engine 2 and which is related [ which is related and fuel-injection-controls ] is explained. The flow chart of the processing which sets a operating range required for fuel-injection control as drawing 6 is shown. This processing is processing which is set up beforehand and which is periodically performed for every crank angle.

[0044] First, the amount ACCP of treading in of the engine speed NE obtained from the signal of the crank angle sensor 82 and the accelerator pedal 74 obtained from the signal of the accelerator opening sensor 76 (accelerator opening is called hereafter) is read into the working area of RAM64 (S100).

[0045] Next, the Lean fuel oil consumption QL is computed based on these engine speeds NE and the accelerator opening ACCP (S110). In case this Lean fuel oil consumption QL performs stratification combustion, it expresses the optimal fuel oil consumption for making an output torque into demand torque. The Lean fuel oil consumption QL is beforehand calculated by experiment, and as shown in drawing 7, it is memorized in ROM66 as a map which makes a parameter the accelerator opening ACCP and an engine speed NE. At step S110, the Lean fuel oil consumption QL is computed based on this map.

[0046] Next, based on the Lean fuel oil consumption QL and the engine speed NE which were called for in this way, three operating range R1, R2, and R3 as shown in drawing 8 is defined (S115). In this way, processing is once ended.

[0047] Thus, if operating range R1, R2, and R3 is defined, a fuel-injection gestalt will be controlled according to each operating-range R1-R3. That is, in a operating range R1 with less Lean fuel oil consumption QL than a threshold QQ1, the fuel of an amount according to the Lean fuel oil consumption QL is injected in the compression stroke last stage. The injection fuel by injection in this compression stroke last stage collides with the peripheral wall side 26 of a crevice 24, after running in the crevice 24 of a piston 6. It moves being made to evaporate the fuel which collided with the peripheral wall side 26, and a combustible-gas-mixture layer is formed in the about 20-ignition plug crevice 24. And stratification combustion is performed when ignition is made by the combustible gas mixture of the shape of this layer with an ignition plug 20.

[0048] Moreover, the Lean fuel oil consumption QL injects the fuel of an amount according to the Lean fuel oil consumption QL in 2 steps in the compression stroke last stage like an inhalation-of-air line in the operating range R2 which it is between a threshold QQ1 and a threshold QQ2. That is, 1st fuel injection is performed like an inhalation-of-air line, and, subsequently to the compression stroke last stage, 2nd fuel injection is performed. The 1st injection fuel flows in a combustion chamber 10 with inhalation air, and a homogeneous lean-fuel-mixture mind is formed in [ whole ] a combustion chamber 10 with this injection fuel. Moreover, as a result of performing fuel injection in the compression stroke last stage, as mentioned above, a combustible-gas-mixture layer is formed in the about 20-ignition plug crevice 24. And lean-fuel-mixture mind of ignition being made by the combustible gas mixture of the shape of this layer with an ignition plug 20, and occupying the whole inside of a combustion chamber 10 with this ignition flame burns. That is, in a operating range R2, weak stratification combustion of whenever [ stratification ] is performed rather than the operating range R1 mentioned above.

[0049] In a operating range R3 with more Lean fuel oil consumption QL than a threshold QQ2, the fuel of an amount according to the theoretical-air-fuel-ratio basic fuel oil consumption QBS is injected like an inhalation-of-air line. this injection fuel -- inhalation air -- the inside of a combustion chamber 10 -- flowing -- this injection fuel -- the homogeneity of theoretical air fuel ratio (controlled by increase-in-quantity amendment by the rich air-fuel ratio with fuel concentration deeper than theoretical air fuel ratio to mention later) homogeneous in [ whole ] a combustion chamber 10 -- gaseous mixture is formed, consequently

homogeneity combustion is performed.

[0050] The flow chart of the fuel-oil-consumption control processing performed based on the operating range set up by operating-range setting processing mentioned above is shown in drawing 9. This processing is processing performed after operating-range setting processing.

[0051] Initiation of fuel-oil-consumption control processing reads into the working area of RAM64 the oxygen density detection value Vox first acquired from the signal of engine-speed NE obtained from the signal of the crank angle sensor 82, the intake pressure PM obtained from the signal of the intake-pressure sensor 84, and the air-fuel ratio sensor 88 (S120).

[0052] Next, it is judged whether current and a operating range R3 are set up (S122). When judged with the present operational status being set up as a operating range R3, the theoretical-air-fuel-ratio basic fuel oil consumption QBS is computed from an intake pressure PM and an engine speed NE using the map of "YES") and drawing 10 beforehand set as ROM66 by (S122 (S130).

[0053] Next, heavy load increase-in-quantity OTP calculation processing (S140) is performed. This heavy load increase-in-quantity OTP calculation processing is explained based on the flow chart of drawing 11. In heavy load increase-in-quantity OTP calculation processing, it is judged first whether the accelerator opening ACCP is over the heavy load increase-in-quantity decision value KOTPAC (S141).

[0054] If it is  $ACCP \leq KOTPAC$  (it is "NO" at S141), a value "0" will be set to the heavy load increase in quantity OTP (S142). That is, increase-in-quantity amendment of a fuel is not performed. In this way, it once comes out of heavy load increase-in-quantity OTP calculation processing.

[0055] If it is  $ACCP > KOTPAC$  (it is "YES" at S141), a value M (for example,  $1 > M > 0$ ) will be set to the heavy load increase in quantity OTP (S144). That is, increase-in-quantity amendment of a fuel is performed. This increase-in-quantity amendment is made in order to prevent that a catalytic converter 49 is overheated at the time of a heavy load.

[0056] After the heavy load increase in quantity OTP is computed by drawing 9 at return and step S140 next, the lag increase in quantity FKNK according to the ignition lag in knock control processing is computed (S146). This is called for based on the map which makes a parameter the engine speed NE and the knock lag reflection value AKNK which are beforehand set up in ROM66 as shown in drawing 12. This knock lag reflection value AKNK is the amount of ignition timing lag amendments computed by the knock control processing (drawing 13, 14) mentioned later. The lag increase in quantity FKNK is formed in order to prevent that a catalytic converter 49 is overheated in connection with the lag of the ignition timing being carried out in order to control knocking in knock control processing. In addition, if it is  $AKNK = 0$ , it will be set as  $FKNK = 0$ .

[0057] Next, it is judged whether air-fuel ratio feedback conditions are satisfied (S150). For example, it is not at the "(1) starting time. (2) It is not during a fuel cut. (3) Warming-up completion is carried out. (For example, circulating-water-temperature  $THW \geq 40$  degree) (4) air-fuel-ratio sensor 88 is carrying out activity completion. (5) The value of the heavy load increase in quantity OTP is 0. (6) It is judged whether all the conditions of the value of the lag increase in quantity FKNK being 0" are satisfied.

[0058] If air-fuel ratio feedback conditions are satisfied (it is "YES" at S150), calculation of the air-fuel ratio feedback multiplier FAF and its study value KG will be performed (S160). The air-fuel ratio feedback multiplier FAF is computed based on the output of the air-fuel ratio sensor 88, and the study value KG memorizes the amount of gaps from 1.0 whose air-fuel ratio feedback multiplier FAF is central value, and various technique is known as the Air Fuel Ratio Control technique using such a value is shown in JP,6-10736,A etc.

[0059] On the other hand, if air-fuel ratio feedback conditions are not satisfied (it is "NO" at S150), 1.0 is set to the air-fuel ratio feedback multiplier FAF (S170). It is steps S160 or S170, next fuel oil consumption Q is calculated like the degree type 1 (S180).

[0060]

[Equation 1]

$Q <- QBS \{1 + OTP + FKNK + (FAF - 1.0) + \} (KG - 1.0) \alpha + \beta$  -- [Formula 1]

Here, alpha and beta are multipliers suitably set up according to the class of engine 2, or the contents of control.

[0061] In this way, fuel-oil-consumption control processing is once ended. In one case of fields R1 and R2 other than operating-range R3, i.e., operating range, at step S122, the Lean fuel oil consumption QL currently calculated at step S110 of operating-range setting processing is set to "NO") and fuel oil consumption Q (S122 (S190). In this way, fuel-oil-consumption control processing is once ended.

[0062] Knock control processing is shown in drawing 13 and the flow chart of 14. This processing is



performed operating-range setting processing and this period. If knock control processing is started, ECU60 will first read into RAM64 the engine speed NE obtained by the signal of the crank angle sensor 82, and the intake pressure PM obtained by the signal of the intake-pressure sensor 84 (S200).

[0063] And based on these engine speeds NE and an intake pressure PM, the fundamental-points fire stage ABSE and the maximum lag value AKMAX are computed (S210). The map which asks for the fundamental-points fire stage ABSE by making a rotational frequency NE and an intake pressure PM into a parameter, and the map which calculates the maximum lag value AKMAX by making a rotational frequency NE and an intake pressure PM into a parameter are beforehand set as ROM66, and is computed from these maps. Here, the fundamental-points fire stage ABSE is the ignition timing set up so that the output torque of an engine 2 might serve as max, without taking the effect by knocking etc. into consideration. On the other hand, the maximum lag value AKMAX is a peak at the time of carrying out the lag of the fundamental-points fire stage ABSE, and is set as the magnitude which can control generating of knocking certainly.

[0064] Next, while ECU60 reads the knock signal KCS based on the output signal from a knock sensor 87, it judges whether based on the level of this knock signal KCS, knocking has occurred in the engine 2 (S220). When knocking has occurred (it is "YES" at S220), "0.4-degreeCA" is added to the knock control value AKCS, and the result is set up as a new knock control value AKCS (S230). On the other hand, when knocking has not occurred (it is "NO" at S220), "0.01-degreeCA" is subtracted from the knock control value AKCS, and the result is set up as a new knock control value AKCS (S240).

[0065] That is, this knock control value AKCS is a value from which that magnitude changes with processings of steps S230 and S240 according to the knocking generating situation of the current engine 2. "degreeCA" expresses whenever [ crank angle ] here and each values AGKNK and AKNK which fundamental-points-fire-stage-ABSE, and it maximum-lag-value-AKMAX(s), and are later mentioned besides this knock control value AKCS, and AKH and AOP are amounts to which all make whenever [ this crank angle ] a unit.

[0066] After performing processing of step S230 or step S240, ECU60 computes correction value AKH according to the degree type 2 (S250).

[0067]

[Equation 2]

$AKH \leftarrow AKCS - AGKNK$  -- [Formula 2]

Here, the ignition timing amendment study value AGKNK is a value which is repeatedly computed by the ignition timing amendment study processing (S300) mentioned later, and is memorized by RAM64.

[0068] Next, the knock lag reflection value AKNK is computed according to the degree type 3 (S260).

[0069]

[Equation 3]

$AKNK \leftarrow AKMAX + AKH$  -- [Formula 3]

In this way, ignition timing amendment is ended and then ignition timing amendment study processing (S300) is performed.

[0070] The flow chart of ignition timing amendment study processing is shown in drawing 14. In this processing, it judges first whether ECU60 has the knock control value AKCS larger than "2.5-degreeCA" (S310). When it is  $AKCS > 2.5\text{-degreeCA}$  here (it is "YES" at S310), "0.5-degreeCA" is subtracted from the knock study value AGKNK, and the result is set up as a new knock study value AGKNK (S320).

[0071] On the other hand, when it is  $AKCS \leq 2.5\text{-degreeCA}$  (it is "NO" at S310), it judges whether the knock control value AKCS is smaller than "0.5-degreeCA" (S330). When it is  $AKCS < 0.5\text{-degreeCA}$  here (it is "YES" at S330), "0.5-degreeCA" is added to the knock study value AGKNK, and the result is set up as a new knock study value AGKNK (S340).

[0072] This knock study value AGKNK is relatively set up small, when a knock king tends to occur frequently, and when there are few counts of generating of knocking conversely, it is set up greatly relatively. Therefore, this knock study value AGKNK turns into a value reflecting the factor which does steady effect to the difference in the octane value of a fuel, and the variation in an engine property and generating of knocking of that aging.

[0073] Next, bound guard processing for preventing that a superfluously big value or a superfluously small value is set as the knock study value AGKNK after step S320 or step S340 is performed (S350).

[0074] And when judged with "NO" after step S350 or at step S330, ignition timing amendment study processing is ended. For the degree of return and ignition timing amendment study processing (S300), as shown in the degree type 4, the last ignition timing AOP is computed at drawing 13 by subtracting the knock

lag reflection value AKNK from the fundamental-points fire stage ABSE to it (S400).

[0075]

[Equation 4]

$AOP <- ABSE - AKNK$  -- [Formula 4]

In this way, knock control processing is once ended.

[0076] Fuel-injection-timing control processing is shown in the flow chart of drawing 15. This processing is processing carried out to the degree of heavy load increase-in-quantity calculation processing (drawing 11  $R > 1$ ) and knock control processing (drawing 13, 14), and is performed this period.

[0077] Initiation of fuel-injection-timing control processing judges first whether they are current and a operating range R1 (S410). If it is a operating range R1 (it is "YES" at S410), fuel injection will be set as the compression stroke last stage (S420). Fuel-injection initiation stage thetac in this compression stroke last stage is computed for example, from the fuel-injection initiation stage map for operating range R1 which makes a parameter fuel oil consumption Q and an engine speed NE. And fuel-injection-timing control processing is once ended. In addition, fuel-injection initiation stages (thetac etc.) are expressed with whenever [ crank angle ] here.

[0078] If it is not a operating range R1 (it is "NO" at S410), it will be judged next whether it is a operating range R2 (S430). If it is a operating range R2 (it is "YES" at S430), fuel injection will be set as 2 times of timing with the compression stroke last stage like an inhalation-of-air line (S440). Fuel-injection initiation stage thetaa which can be set like this inhalation-of-air line, and fuel-injection initiation stage thetac in the compression stroke last stage are computed [ like for example, the inhalation-of-air line for operating range R2 which makes a parameter fuel oil consumption Q and an engine speed NE ], respectively from a fuel-injection initiation stage map and the compression stroke fuel-injection initiation stage map for operating range R2. And fuel-injection-timing control processing is once ended.

[0079] If it is not a operating range R2 (it is "NO" at S430), since it is a operating range R3, fuel injection will be set up like an inhalation-of-air line (S470). Fuel-injection initiation stage thetaa which can be set like this inhalation-of-air line is computed from a fuel-injection initiation stage map like for example, the inhalation-of-air line for operating range R3 which makes a parameter an intake pressure PM and an engine speed NE.

[0080] Next, it is judged whether in the fuel oil consumption Q in the operating range R3 currently computed at step S180, amount of increase-in-quantity amendments deltaQ exists (S480). Specifically, it is judged whether sum total  $OTP + FKNK (= \text{delta}Q)$  of the heavy load increase in quantity OTP computed at step S140 and the lag increase in quantity FKNK computed at step S146 is a forward value. If it is  $\text{delta}Q = 0$  (it is "NO" at S480), fuel-injection-timing control processing will once be ended as it is.

[0081] Since it is  $\text{delta}Q > 0$  when the amount of increase-in-quantity amendments occurs at either step S140 or step S146 (it is "YES" at S480), injection initiation stage lag amendment processing is performed next (S490). This injection initiation stage lag amendment processing computes lag correction value thetad for the inhalation-of-air line set to operating range R3 at step S470 to carry out the lag of the fuel-injection initiation stage thetaa at the time. For example, lag correction value thetad is computed on the map which makes a parameter deltaQ as shown in drawing 16, and an engine speed NE. And as this lag correction value thetad shows to the degree type 5, lag amendment of the fuel-injection initiation stage thetaa is carried out, and new fuel-injection initiation stage thetaad is set up.

[0082]

[Equation 5]

$\text{thetaad} <- \text{thetaa} + \text{thetad}$  -- [Formula 5]

In this way, fuel-injection-timing control processing is once ended.

[0083] Here, lag correction value thetad called for by drawing 16 has amended fuel-injection initiation stage thetaa so that it may respond to the amount of increment amendments of the fuel injected from injection-tip 22a of the Maine injector 22 and the distance of the Maine injector 22 and piston-top-surface 24a at the time of fuel injection may become large.

[0084] Drawing 17 shows an example of the fuel injection in a operating range R3. When it is  $\text{delta}Q = 0$ , lag amendment of "NO") and the fuel-injection initiation stage thetaa is not carried out by (S480, and fuel injection is started at the time of day ta0 corresponding to fuel-injection initiation stage thetaa. And the time amount (ta0-ta1) corresponding to fuel oil consumption Q and a fuel are injected.

[0085] However, in being  $\text{delta}Q > 0$ , lag amendment of "YES") and the fuel-injection initiation stage thetaa is carried out by (S480, and it is set to fuel-injection initiation stage thetaad, and fuel injection is started at the time of day td0 corresponding to fuel-injection initiation stage thetaad. And the time amount (td0-td1)

corresponding to the fuel oil consumption  $Q$  the quantity of was increased, and a fuel are injected. [0086] that is, lag amendment should do -- in fuel-injection initiation stage  $\theta_{aa}$  which is not, although injection initiation is carried out at time of day  $t_{a0}$ , it is in the condition that piston-top-surface 24a just began to separate from a top dead center TDC at this time. For this reason, between the whole term of the field A1 where a fuel is liquefied and flies from injection-tip 22a of the Maine injector 22 (period Fa) intersects piston-top-surface 24a. And the distance of injection-tip 22a of the Maine injector 22 and piston-top-surface 24a crosses in the condition near enough. A liquefied fuel adheres to piston-top-surface 24a by this. However, since increment amendment of the fuel oil consumption itself is not carried out, there is little actual fuel coating weight at this time, and a fuel fully evaporates by ignition at it.

[0087] On the other hand, in fuel-injection initiation stage  $\theta_{ad}$  by which the lag was carried out, injection initiation is carried out at time of day  $t_{d0}$ . At this time, piston-top-surface 24a is further distant from the top dead center TDC as compared with the case of time of day  $t_{a0}$ . For this reason, some periods (period Fd) of the beginning of the field D1 where a fuel is liquefied and flies are intersecting piston-top-surface 24a from injection-tip 22a of the Maine injector 22. And after the distance of injection-tip 22a of the Maine injector 22 and piston-top-surface 24a has separated as compared with the case of time of day  $t_{a0}$ , it crosses. A liquefied fuel hardly adheres to piston-top-surface 24a by this. And since the fuel rate which is substantially liquefied and remains from it being the fuel after carrying out long-distance flight is small, still more actual fuel coating weight decreases. Therefore, a fuel fully evaporates by ignition also in this case.

[0088] According to the gestalt 1 of this operation explained above, the following effectiveness is acquired.

(\*\*) -- the lag of the fuel-injection initiation stage by the Maine injector 22 is carried out so that it may respond to amount of increment amendments  $\Delta Q$  of the fuel injected from . Maine injector 22 and the distance of injection-tip 22a of the Maine injector 22 and piston-top-surface 24a at the time of fuel injection may become large (S490). As drawing 17 explained, even if a fuel increases by this, fuel coating weight can also be reduced to suppressing the increment in the fuel coating weight to piston-top-surface 24a, or reverse.

[0089] If the lag of the fuel-injection initiation stage is not carried out like the conventional technique at the time of fuel increase-in-quantity amendment, as shown at the period Fe of drawing 17 , piston-top-surface 24a will be put to a liquefied fuel for a long time in the condition that the distance of injection-tip 22a of the Maine injector 22 and piston-top-surface 24a is small. For this reason, a lot of fuels adhere to piston-top-surface 24a. It originates in this, some fuels serve as carbon, without burning completely, and it deposits on piston-top-surface 24a and the outskirts of it, and a combustion chamber 10 contracts, a compression ratio rises, and there is a possibility of carrying out or having a bad influence on stratification combustion according to deformation of the crevice 24 of a piston 6 it being easy to generate knocking. A possibility that carbon may produce a bite lump is between a piston 6 and cylinder 2a besides this.

[0090] With the gestalt 1 of this operation, since the increment in the fuel coating weight to piston-top-surface 24a can be suppressed even if a fuel increases, the problem by the carbon deposit is not produced. Fuel-injection-timing control processings in which the gestalt 2 of the [gestalt 2 of operation] book operation is indicated to be the gestalt 1 of said operation to drawing 18 differ. The configuration of those other than this is fundamentally the same as the gestalt 1 of said operation. In addition, the sign which added "1000" to the sign given to the step of the gestalt 1 of operation and the gestalt 1 of the operation which corresponds about the same processing shows the step of drawing 18 .

[0091] fuel-injection-timing control processing of drawing 18 -- operating range R1-R3 -- judging (S1410, S1430) -- each operating-range R1- about the point (S1420, S1440, S1470) of setting up a fuel-injection gestalt for every R3, it is the same.

[0092] Although it judges whether amount of increment amendments  $\Delta Q$  exists after step S1470 about a operating range R3 (S1480), the processing after these step S1480 differs from the gestalt 1 of operation.

[0093]  $\Delta Q >$  When judged with 0 (it is "YES" at S1480), fuel pressure  $P_d$  usually lower than the fuel pressure  $P_0$  at the time is set up as a target preasure  $P_t$  of the fuel pressure in the fuel distribution tube 50 (S1486). Moreover, when judged with  $\Delta Q = 0$  (it is "NO" at S1480), fuel pressure  $P_0$  at the time is usually set up as a target preasure  $P_t$  of the fuel pressure in the fuel distribution tube 50 (S1484). In addition, after the fuel-injection gestalt about operating range R1 and R2 is determined (S1420, S1440), fuel pressure  $P_0$  at the time is usually set up as a target preasure  $P_t$ , respectively (S1484). In this way, processing is once ended.

[0094] Although the lag of the fuel-injection initiation stage was carried out with the gestalt 1 of said operation when amount of increment amendments  $\Delta Q$  of a fuel existed, the fuel pressure which determines the rate of fuel injection (fuel oil consumption per unit time amount) is reduced instead of the lag

of a fuel-injection initiation stage with the gestalt 2 of this operation. Namely,  $\Delta Q$  The rate of fuel injection is reduced in 0.

[0095] Thus, by falling a target preasure  $P_t$ , the actual fuel pressure in the fuel distribution tube 50 falls by fuel-pressure control processing which is carrying out feedback control of the fuel pressure in the fuel distribution tube 50 based on the degree type 6.

[0096]

[Equation 6]

$DT \leftarrow k1 \times (DTp + DTi + FF)$  -- [Formula 6]

here --  $DT$  -- the electromagnetism of high pressure pumping 54 -- expressing the duty of the control current over 54d of spill valves, for  $k1$ , a multiplier and  $DTp$  are [ an integral term and  $FF$  of a proportional and  $DTi$  ] feedforward terms.

[0097] Proportional  $DTp$ , the integral term  $DTi$ , and the feedforward term  $FF$  are computed by the degree types 7-9, respectively.

[0098]

[Equation 7]

$DTp \leftarrow k2 \times \Delta P$  -- [Formula 7]

$DTi \leftarrow DTi + k3 \times \Delta P$  -- [Formula 8]

$FF \leftarrow k4 \times Q \times P / P_0$  -- [Formula 9]

It is the fuel oil consumption which calculated  $k2$ ,  $k3$ , and  $k4$ , and calculated for a multiplier and  $Q$  at step S180 here. Moreover,  $\Delta P$  is the deflection of the target preasure  $P_t$  and actual measurement  $P$  which were given by the degree type 10.

[0099]

[Equation 8]

$\Delta P \leftarrow P_t - P$  -- [Formula 10]

When this target preasure  $P_t$  is amount  $\Delta Q$  of increment amendments 0 (it is "YES" at S1480), it is set as the fuel pressure  $P_d$  lower than other cases. this -- the fuel pressure  $P$  in the fuel distribution tube 50 -- the electromagnetism of high pressure pumping 54 -- it is adjusted to the low fuel pressure  $P_d$  by the duty control to 54d of spill valves.

[0100] On the other hand, when it is amount  $\Delta Q$  of increment amendments 0 (it is "NO" at S1480), in other operating range  $R1$  and  $R2$ , a target preasure  $P_t$  is usually set as the fuel pressure  $P_0$  at the time. this -- the fuel pressure in the fuel distribution tube 50 -- the electromagnetism of high pressure pumping 54 -- it is adjusted to the usual fuel pressure  $P_0$  by the duty control to 54d of spill valves.

[0101] In addition, in case fuel oil consumption  $Q$  is changed into the last fuel injection duration  $\tau$ , it makes the fuel pressure surveyed by fuel-pressure sensor 50a so that fuel oil consumption might not change with fuel pressure reflect. For this reason, if fuel pressure is low, even if it is the same fuel oil consumption  $Q$ , the last fuel injection duration  $\tau$  becomes long.

[0102] An example of the fuel-injection condition in a operating range  $R3$  is shown in drawing 19. When it is  $\Delta Q=0$ , the inside of "NO") and the fuel distribution tube 50 is controlled by (S1480 by the usual fuel pressure  $P_0$ . At the time of day  $\tau_{10}$  of injection initiation, piston-top-surface 24a is in the condition which just begins to be distant from a top dead center TDC. For this reason, between the whole term of the field  $A2$  where a fuel is liquefied and flies from injection-tip 22a of the Maine injector 22 intersects piston-top-surface 24a (period  $Fa1$ ). And the distance of injection-tip 22a of the Maine injector 22 and piston-top-surface 24a crosses in the condition near enough. A liquefied fuel adheres to piston-top-surface 24a by this. However, since increment amendment of the fuel oil consumption itself is not carried out, there is little actual fuel coating weight at this time, and a fuel fully evaporates by ignition at it.

[0103] On the other hand, although "YES") and a fuel-injection initiation stage are not changing by (S1480 in being  $\Delta Q>0$ , fuel pressure  $P$  falls. Thus, since the flight rate of liquid fuel becomes loose and the rate of fuel injection falls further according to fuel pressure  $P$  being low, injection time becomes long, and a fuel is distributed and injected. The field  $D2$  where a fuel is liquefied and flies from injection-tip 22a of the Maine injector 22 stops for this reason, intersecting piston-top-surface 24a. Even if it crosses, it will only be that some fields of the beginning of the fuel distributed in time cross. A liquefied fuel hardly adheres to piston-top-surface 24a by this.

[0104] According to the gestalt 2 of this operation explained above, the following effectiveness is acquired. (\*\*)-- fuel injection duration by the Maine injector 22 is made longer than usual by what fuel pressure is reduced and an injection rate is reduced for according to amount of increment amendments  $\Delta Q$  of the fuel injected from . Maine injector 22 (S1486). Thus, if fuel injection duration is made longer than usual and

it will see by the whole fuel injection duration, the distance of injection-tip 22a of the Maine injector 22 and piston-top-surface 24a will become large. As drawing 19 explained, even if a fuel increases by this, the increment in the fuel coating weight to piston-top-surface 24a can be decreased, or it can stop. Therefore, the problem by the carbon deposit is not produced.

[0105] Fuel-injection-timing control processings in which the gestalt 3 of the [gestalt 3 of operation] book operation is indicated to be the gestalt 2 of said operation to drawing 20 differ. The configuration of those other than this is fundamentally the same as the gestalt 2 of said operation. In addition, the sign which added "1000" to the sign given to the step of the gestalt 2 of operation and the gestalt 2 of the operation which corresponds about the same processing shows the step of drawing 20.

[0106] In drawing 20, after being judged with a operating range R1 (it is "YES" at S2410), fuel injection is set as the compression stroke last stage (S2420). This point is the same as the gestalten 1 and 2 of said operation. And fuel pressure Pc is computed from the map Map which makes a parameter the fuel oil consumption Q shown in the degree of step S2420 at drawing 21, and an engine speed NE, and it is set as a target preasure Pt (S2488). In this way, processing is once ended. The map Map used at step S2488 makes fuel pressure P high, so that fuel oil consumption Q becomes large, and it is set up so that an engine speed NE is high, and fuel pressure P may be made high.

[0107] In addition, about operating range R2 and R3, the same processing as the case of the gestalt 2 of said operation is performed. Thus, even if it is the same fuel oil consumption Q if fuel pressure is high since the fuel pressure in the fuel distribution tube 50 goes up so that fuel oil consumption Q becomes large according to fuel oil consumption Q at the time of the compression stroke injection by the operating range R1, the last fuel injection duration tau becomes short.

[0108] Drawing 22 shows an example of the fuel-injection condition in a operating range R1. Fuel oil consumption Q is controlled by the usual fuel pressure in the fuel distribution tube 50, when small. For this reason, injection initiation is carried out at time of day ta20, and injection is completed at time of day ta21. Therefore, as field A3 shows that a fuel is liquefied and flies from injection-tip 22a of the Maine injector 22, a period Fa2 intersects piston-top-surface 24a.

[0109] On the other hand, fuel oil consumption Q is controlled in the fuel distribution tube 50 more highly than the usual fuel pressure, when large. For this reason, the rate of fuel injection increases, injection initiation is carried out at time of day ta20, and injection is completed at time of day tc. Therefore, it becomes Period Fc to intersect piston-top-surface 24a, as a field C3 shows that a fuel is liquefied and flies from injection-tip 22a of the Maine injector 22.

[0110] Thus, as fuel oil consumption Q increases, since fuel pressure P increases, the time amount in which a fuel adheres to piston-top-surface 24a becomes early, and the distance of injection-tip 22a of the Maine injector 22 and piston-top-surface 24a also becomes longer. For this reason, as a fuel is flight, the rate of changing to a steam increases. Furthermore, the evaporation of the fuel to which it adhered also increases from the time amount by ignition timing becoming long after a fuel adheres to piston-top-surface 24a, and a fuel fully evaporates by ignition.

[0111] According to the gestalt 3 of this operation explained above, the following effectiveness is acquired. (\*\*)-- fuel pressure is raised according to the increment in the fuel oil consumption Q injected from the Maine injector 22 in a . operating range R1 at the time of a compression stroke (S2488), and fuel injection duration by the Maine injector 22 is made shorter than usual. Thus, if fuel injection duration is made shorter than usual and it will see from the whole fuel injection duration, the distance of injection-tip 22a of the Maine injector 22 and piston-top-surface 24a becomes large, and evaporation of a fuel will be promoted while flying. Even if fuel oil consumption Q increases by this, the increment in the fuel coating weight to piston-top-surface 24a can be suppressed. And the fuel adhesion stage to piston-top-surface 24a also becomes early, and the allowances of evaporation of an adhesion fuel produce it. Therefore, fuel quantity which has adhered to piston-top-surface 24a at the time of combustion can be lessened, and the problem by the carbon deposit is not produced.

[0112] The same effectiveness as (b) of the gestalt 2 of the (b) . aforementioned implementation is produced.

[The gestalt of other operations]

- In the gestalt 1 of the aforementioned implementation, as shown in drawing 17, when amount of increment amendments deltaQ of a fuel existed, lag control of the fuel-injection initiation stage was carried out so that the liquefied fuel flight field D1 might leave the part and might not lap with piston-top-surface 24a. However, as shown in drawing 23 in addition to this, the whole region of the liquefied fuel flight field D3 may carry out the lag of the fuel-injection initiation stage to extent which overlaps piston-top-surface



24a. Also in this case, if the lag of a fuel-injection initiation stage is made like an inhalation-of-air line, in the whole fuel injection duration, the distance of injection-tip 22a of the Maine injector 22 and piston-top-surface 24a becomes long, and while flying that distance, a liquefied fuel will fully be evaporated. For this reason, even if the fuel of a liquid adheres to piston-top-surface 24a, it is little, and it will evaporate immediately and a liquefied fuel will not remain to piston-top-surface 24a till ignition timing. Therefore, the effectiveness of the gestalt 1 of operation is produced.

[0113] - Contrary to \*\*\*, as shown in drawing 24, lag control of the fuel-injection initiation stage may be carried out so that the liquefied fuel flight field D4 and piston-top-surface 24a may not lap at all at the time of fuel injection, and the effectiveness of the gestalt 1 of operation can be produced.

[0114] - Since the increment in fuel oil consumption Q is performed by the increment in the fuel oil consumption like an inhalation-of-air line, in a operating range R2, fuel quantity which has adhered to piston-top-surface 24a at the time of combustion can be lessened in a operating range R2 based on a map by carrying out the lag of the fuel-injection initiation stage, or falling fuel pressure according to the increment in fuel oil consumption Q.

[0115]

[Effect of the Invention] In the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 1, an increment of fuel oil consumption is adjusting the fuel injection by the fuel injection valve so that the distance of the fuel injection valve and piston-top surface at the time of fuel injection may usually become longer than the distance which changes with increase in quantity of a fuel naturally. For this reason, the rate which reaches while the fuel with which the distance from a fuel injection valve to a piston-top surface became long, and was injected rather than usual has been a liquid, even if a fuel increases falls. Therefore, even if a fuel increases, the fuel coating weight to a piston-top surface can be controlled.

[0116] Suppose that it is the increment in a fuel what is depended on increase-in-quantity amendment to the configuration according to claim 1 in the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 2. Thus, the amounts of increase-in-quantity amendments, such as fuel increase in quantity for elevated-temperature-ized control of a catalyst, can also mention the increment in a fuel in addition to the increment according to demand torque. If increase-in-quantity amendment is made also in this case, the effectiveness of claim 1 can be produced by adjusting the fuel injection by the fuel injection valve so that the distance of the fuel injection valve and piston-top surface at the time of fuel injection may become longer than usual.

[0117] In the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 3, to the configuration according to claim 1 or 2, when a fuel is increased, with the fuel-injection gestalt which injects a fuel like an inhalation-of-air line, the lag of the fuel-injection initiation stage is carried out. Like an inhalation-of-air line, since it is separated from a fuel injection valve, when injecting a fuel like an inhalation-of-air line, if a piston has the increment in a fuel, it can make distance of a fuel injection valve and a piston-top surface longer than usual by carrying out the lag of the fuel-injection initiation stage. Therefore, the effectiveness of claims 1 or 2 can be produced.

[0118] In the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 4, the lag of said fuel-injection initiation stage in case a fuel is increased supposes that it carries out when injecting a fuel like the inhalation-of-air line after warming up to the configuration according to claim 3. The lag of a fuel-injection initiation stage when the increment in a fuel is carried out may perform such an inhalation-of-air line only within the warming-up back by injection. By this, the effectiveness of claim 3 can be especially produced at the time of increase-in-quantity amendment of the fuel increase in quantity for elevated-temperature-ized control of a catalyst etc.

[0119] In the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 5, with the fuel-injection gestalt which injects a fuel like an inhalation-of-air line to a configuration according to claim 1 or 2, when a fuel is increased, fuel injection duration is made longer than the fuel injection duration which changes naturally corresponding to the increment in a fuel. If there is an increment in a fuel when injecting a fuel like an inhalation-of-air line, fuel injection duration will be made longer than the fuel injection duration which changes naturally corresponding to the increment in a fuel. A piston is separated from a fuel injection valve like an inhalation-of-air line. Therefore, when injecting a fuel like an inhalation-of-air line, by the whole fuel injection duration, distance of a fuel injection valve and a piston-top surface can be made longer than the time of the usual increment also by making fuel injection duration longer than the usual fuel injection duration. That is, when fuel injection duration is made longer than the die length naturally produced by the increment in a fuel in the time of the increment in a fuel, as the



whole fuel injection duration, it will shift to a lag side rather than usual. And the distance of a fuel injection valve and a piston-top surface becomes long, so that it sets like an inhalation-of-air line and the telophase of fuel injection duration is approached. For this reason, if a fuel increases, in the whole fuel injection duration, the distance of a fuel injection valve and a piston-top surface will become long. By this, distance of a fuel injection valve and a piston-top surface can be lengthened as the whole fuel injection duration. Therefore, the effectiveness of claims 1 or 2 can be produced.

[0120] In the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 6, when a fuel is increased to a configuration according to claim 5, fuel injection duration is made longer than the fuel injection duration which changes naturally corresponding to the increment in a fuel by reducing fuel pressure. Thus, the technique to which fuel pressure is reduced can be mentioned from the usual fuel injection duration by making fuel injection duration into the technique to lengthen. The effectiveness of claim 5 can be produced by this.

[0121] In the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 7, with the fuel-injection gestalt which injects a fuel in a compression stroke to a configuration according to claim 1 or 2, when a fuel is increased, fuel injection duration is shortened. Thus, when injecting a fuel in a compression stroke, distance of the fuel injection valve and piston-top surface in the whole fuel injection duration can be made longer than the time of the usual increment also by shortening fuel injection duration at the time of the increment in a fuel. That is, if fuel injection duration is shortened that a fuel-injection initiation stage does not change, the whole fuel injection duration will shift to a tooth-lead-angle side. Since a piston approaches a fuel injection valve in a compression stroke, as the telophase of fuel injection duration is early in a compression stroke, by the whole fuel injection duration, the distance of a fuel injection valve and a piston-top surface becomes longer. Therefore, the effectiveness of claims 1 or 2 can be produced.

[0122] In the fuel-injection control unit of the injection type internal combustion engine in a cylinder according to claim 8, when a fuel is increased to a configuration according to claim 7, fuel injection duration is shortened by raising fuel pressure. Thus, it can consider as the technique of shortening fuel injection duration, and the technique of raising fuel pressure can be mentioned. The effectiveness of claim 7 can be produced by this.

---

[Translation done.]

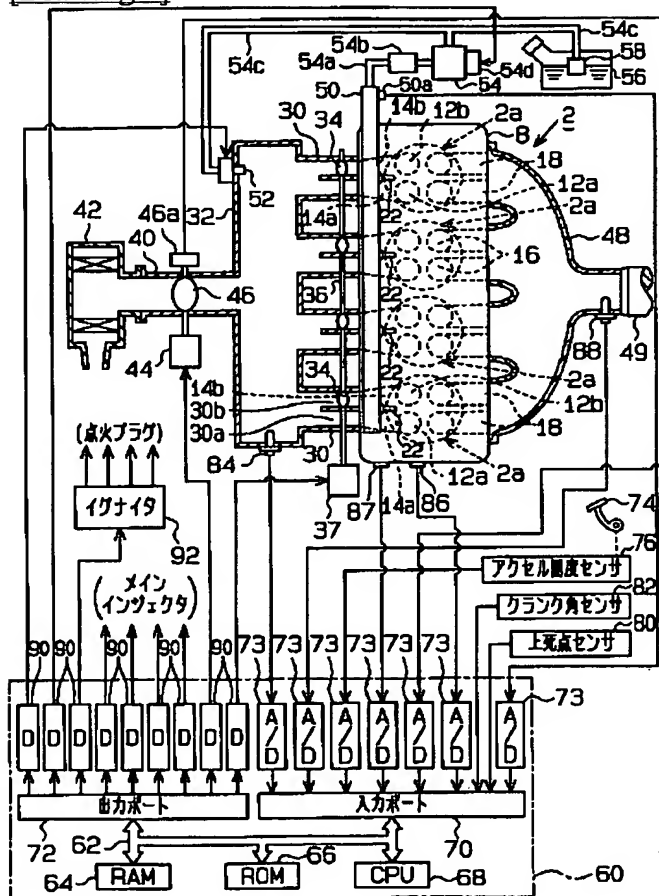
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

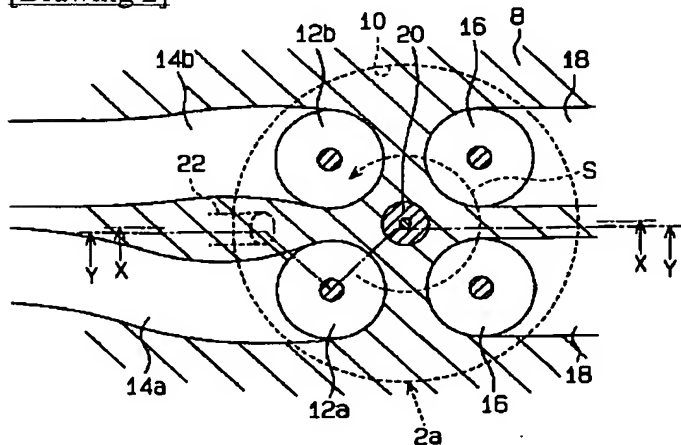
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

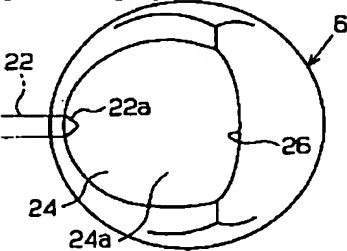
[Drawing 1]



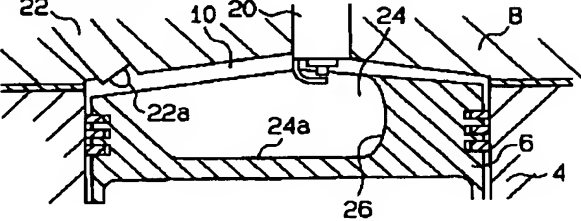
[Drawing 2]



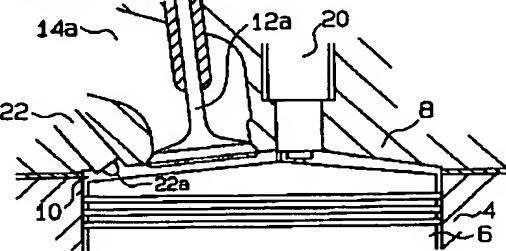
[Drawing 3]



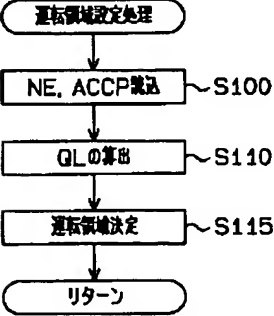
[Drawing 4]



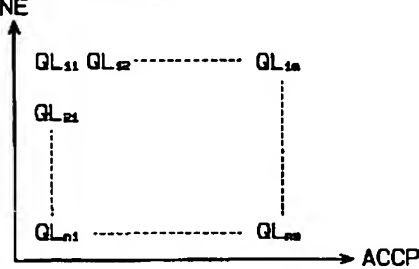
[Drawing 5]



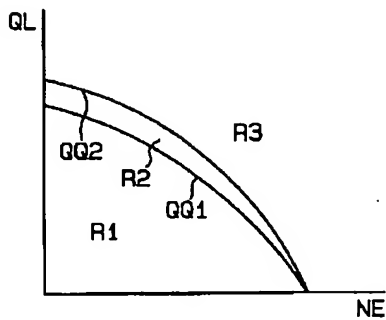
[Drawing 6]



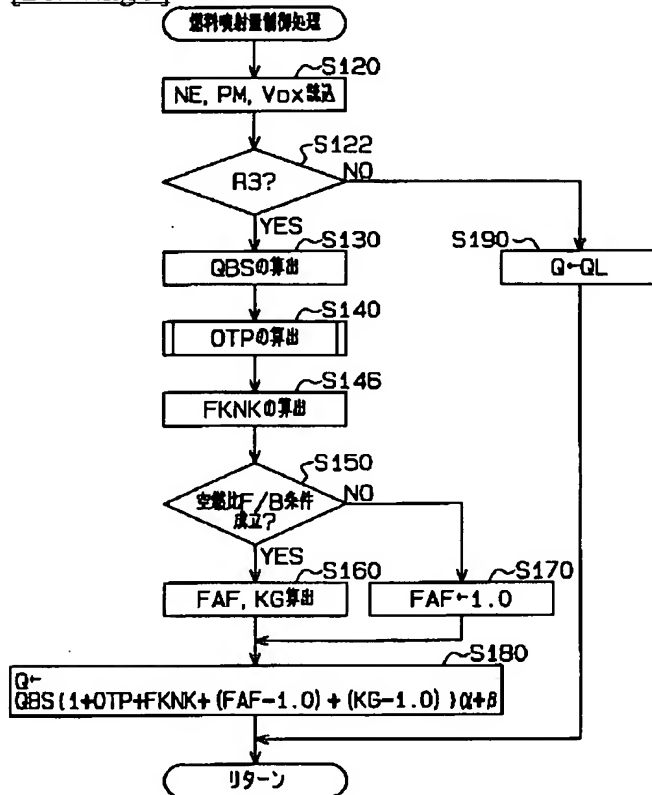
[Drawing 7]



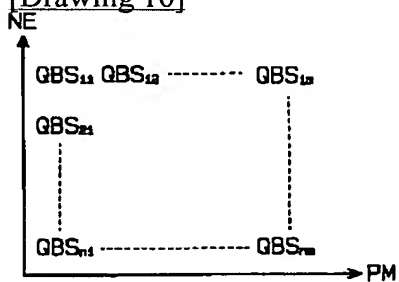
[Drawing 8]



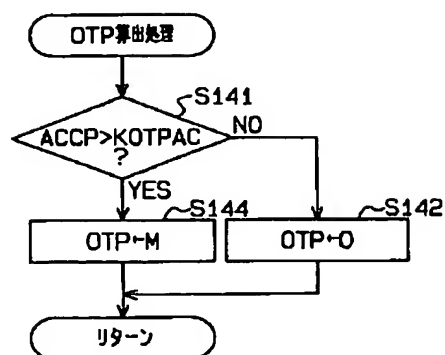
[Drawing 9]



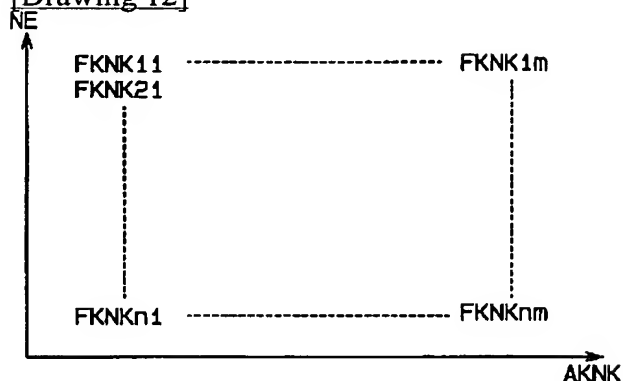
[Drawing 10]



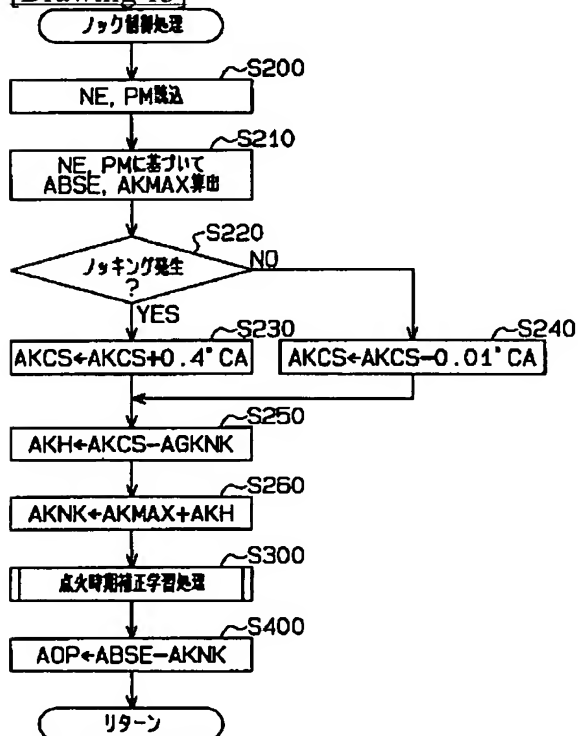
[Drawing 11]



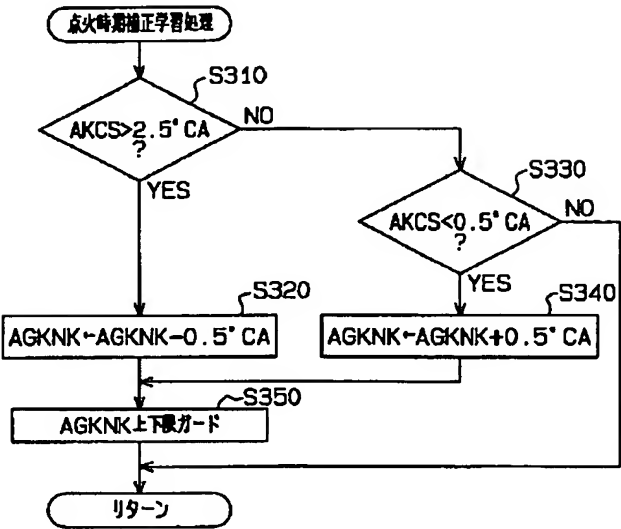
[Drawing 12]



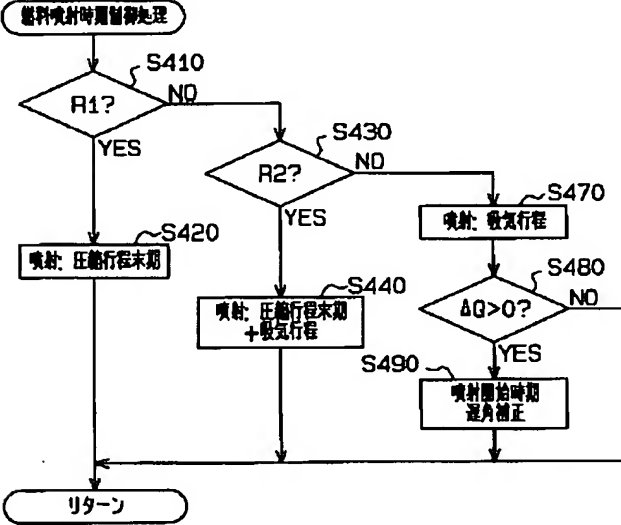
[Drawing 13]



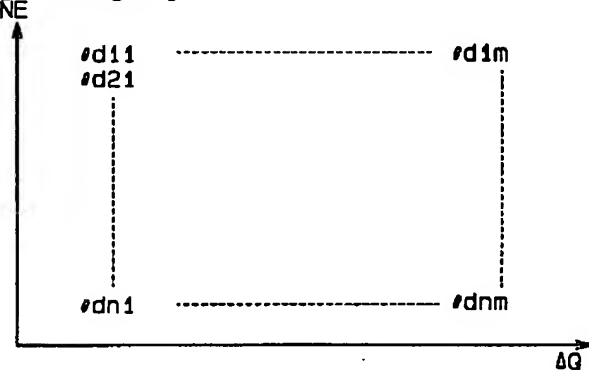
[Drawing 14]



[Drawing 15]

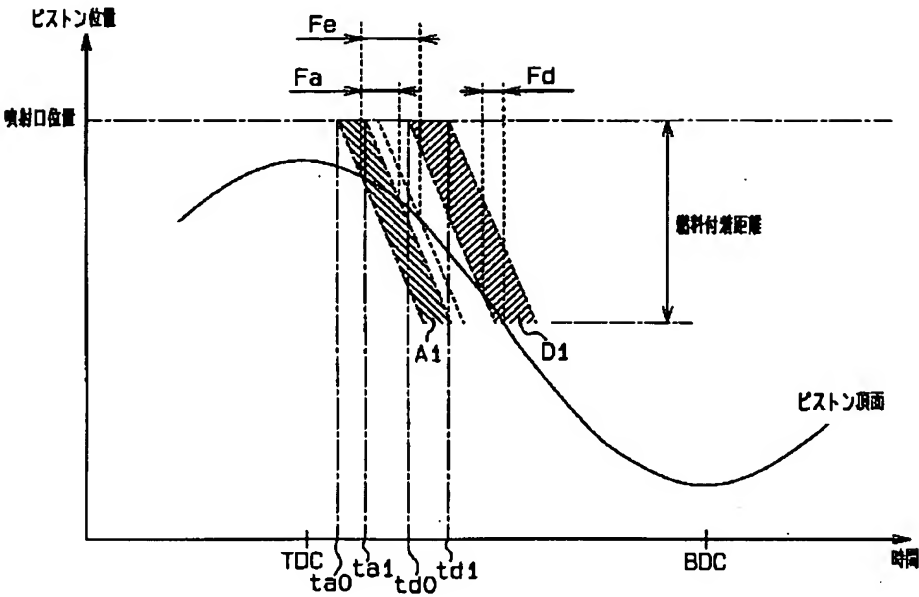


[Drawing 16]

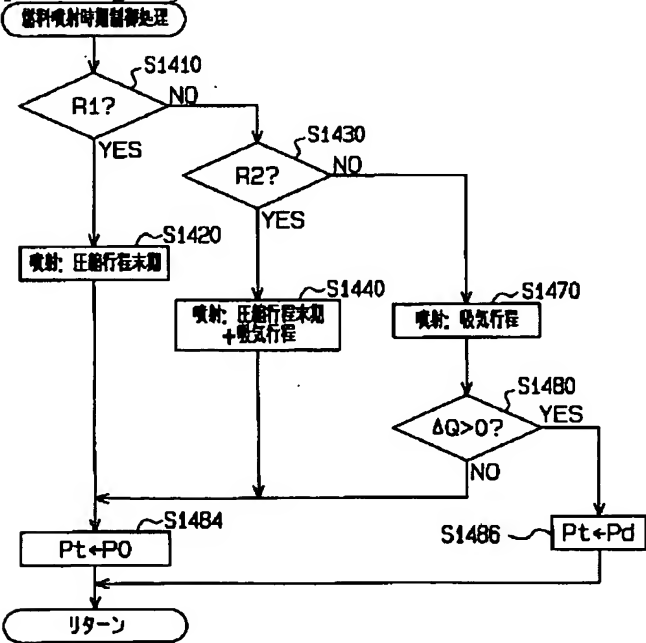


[Drawing 17]

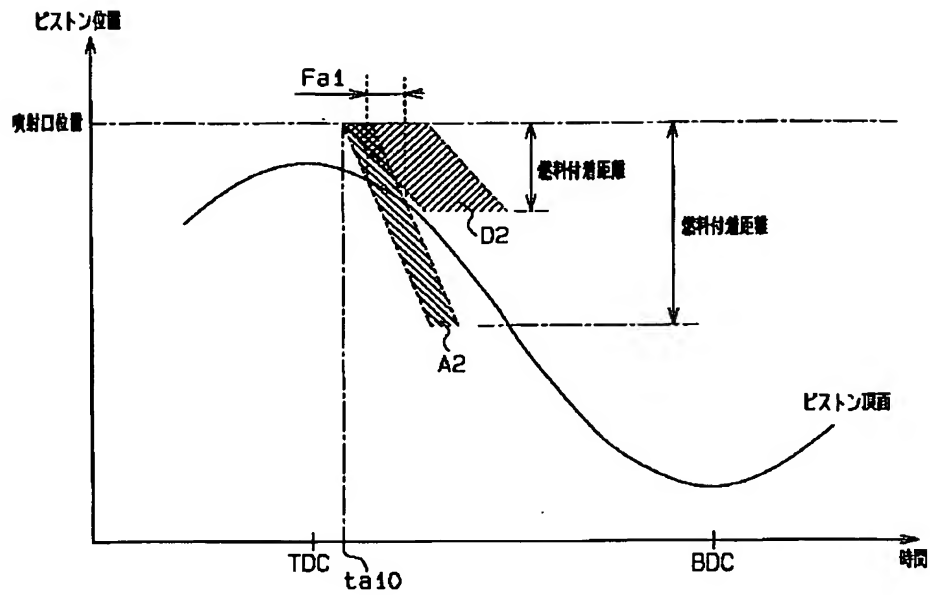




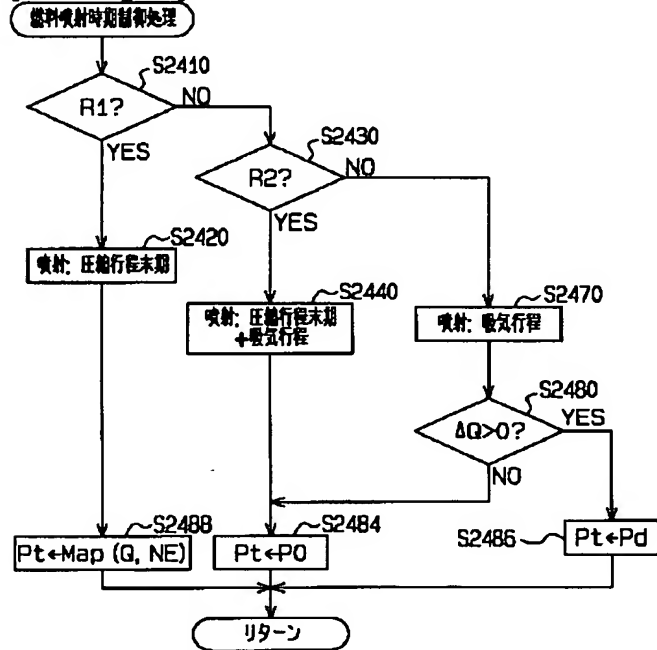
[Drawing 18]



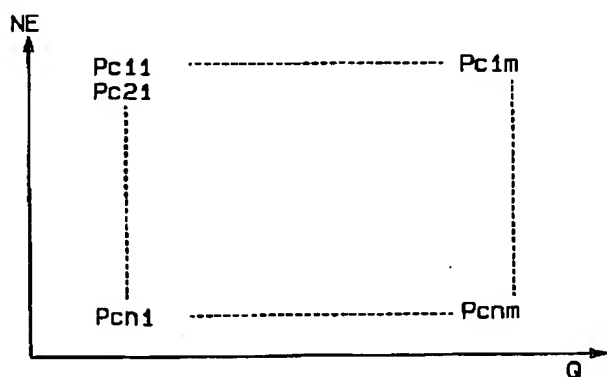
[Drawing 19]



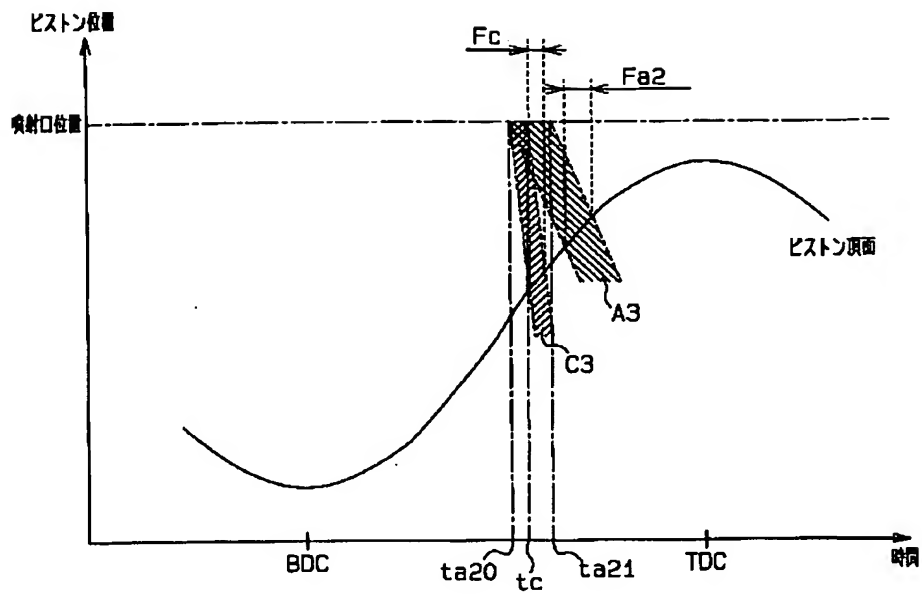
[Drawing 20]



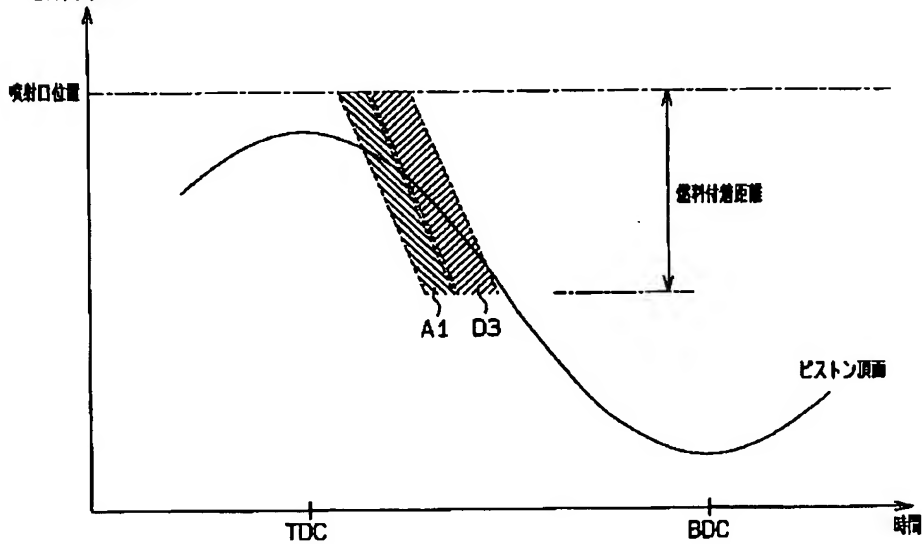
[Drawing 21]



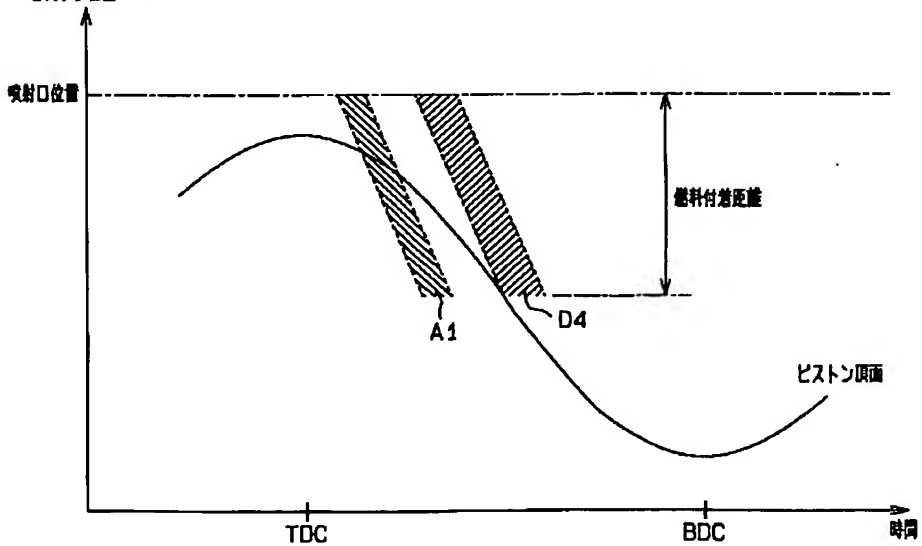
[Drawing 22]



[Drawing 23]  
ピストン位置



[Drawing 24]  
ピストン位置



---

[Translation done.]



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 燃料噴射弁から燃焼室内に直接燃料を噴射する筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置であって、前記燃料噴射弁から噴射される燃料が増加される場合には、燃料噴射時における前記燃料噴射弁とピストン頂面との距離が、燃料増加に対応して自ずと変化する距離よりも長くなるように、前記燃料噴射弁による燃料噴射を調整することを特徴とする筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 2】 前記燃料の増加は増量補正によるものであることを特徴とする請求項 1 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 3】 吸気行程にて燃料を噴射する燃料噴射形態では、燃料が増加される場合には燃料噴射開始時期を遅角することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 4】 燃料が増加される場合の前記燃料噴射開始時期の遅角は、暖機後の吸気行程にて燃料を噴射する場合に行うことを特徴とする請求項 3 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 5】 吸気行程にて燃料を噴射する燃料噴射形態では、燃料が増加される場合には、燃料噴射時間を、燃料増加に対応して自ずと変化する燃料噴射時間よりも長くすることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 6】 燃料が増加される場合には、燃料圧力を低下させることにより、燃料噴射時間を、燃料増加に対応して自ずと変化する燃料噴射時間よりも長くすることを特徴とする請求項 5 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 7】 圧縮行程にて燃料を噴射する燃料噴射形態では、燃料が増加される場合には、燃料噴射時間を短くすることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 8】 燃料が増加される場合には、燃料圧を上昇させることにより、燃料噴射時間を短くすることを特徴とする請求項 7 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料噴射弁から燃焼室内に直接燃料を噴射する筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】圧縮行程時に燃焼室に直接燃料を噴射することにより点火プラグの近傍に可燃混合気を層状に存在させることにより、稀薄な空燃比においても燃焼性を高め、理論熱効率を高める筒内噴射式内燃機関が知られている（特開平 10-176562 号公報）。このよう

な筒内噴射式内燃機関では、前記圧縮行程噴射以外に中高負荷において吸気行程噴射が行われている。

【0003】この吸気行程噴射においては、スモークの発生を防止し、かつ最適な出力トルクを得るために、燃料噴射開始時期は進角した位相位置、すなわちピストン位置が上死点に近い位相位置に設定されている。このような吸気行程噴射では、機関低温時には燃料噴射弁から噴射された燃料が十分に気化しない内にピストン頂面に到達し、燃料がピストン頂面に液膜となって付着することがある。そして、このことによりスモークが発生することがある。

【0004】そこで、前記従来技術では、このようなピストン頂面への燃料液膜の形成を避けるため、機関低温時において吸気行程噴射を行う場合には燃料噴射開始時期を遅角補正して、ピストン頂面への燃料付着量の抑制を行っている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、筒内噴射式内燃機関では、機関低温以外の要因によってもピストン頂面への燃料付着量が増加して、ピストン頂面においてカーボンが堆積するおそれがあることが判った。

【0006】すなわち、前述したごとく吸気行程噴射において、ピストンが上死点に近い状態にある位相位置に燃料噴射開始時期が設定されている場合に、何らかの燃料増量補正がなされることがある。例えばノックコントロールのために点火時期が遅角されたことに伴って、排気温上昇を抑制するための燃料増量補正がなされる場合がある。

【0007】このような燃料増量補正がなされると、ピストン頂面への付着燃料量が増加する。このことにより、燃料の一部が完全に燃焼せずにカーボンとなって堆積してピストン側面とシリンダ内周面との間などにカーボンの噛み込みを生じるおそれがある。これ以外にも、カーボンの堆積により燃焼室が縮小して圧縮比が上昇しノッキングを発生し易くしたり、燃焼室の変形により成層燃焼に悪影響を及ぼしたりするおそれがある。

【0008】このような燃料増量に起因して生じるカーボンの堆積は、アクセルペダルの操作に伴う要求トルクの増加に応じた燃料の増量時においても生じるおそれがある。

【0009】本発明は、燃料噴射弁から燃焼室内に直接燃料を噴射する筒内噴射式内燃機関において燃料増量が行われても、ピストン頂面への燃料付着量を抑制することができる筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置の提供を目的とするものである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】請求項 1 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置は、燃料噴射弁から燃焼室内に直接燃料を噴射する筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置であって、前記燃料噴射弁から噴射される燃



料が増加される場合には、燃料噴射時における前記燃料噴射弁とピストン頂面との距離が、燃料増加に対応して自ずと変化する距離よりも長くなるように、前記燃料噴射弁による燃料噴射を調整することを特徴とする。

【0011】このように、燃料噴射量が増加されると、燃料噴射時における燃料噴射弁とピストン頂面との距離が、通常、燃料の増量により自ずと変化する距離よりも長くなるように燃料噴射弁による燃料噴射を調整している。このため、燃料が増加しても燃料噴射弁からピストン頂面までの距離が通常よりも長くなり、噴射された燃料が液体のまま到達する率が低下する。したがって、燃料が増加してもピストン頂面への燃料付着量を抑制することができる。

【0012】請求項2記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置は、請求項1記載の構成に対して、前記燃料の増加は増量補正によるものであることを特徴とする。このように、燃料増加は、要求トルクに応じた増加以外に、触媒の高温化抑制のための燃料増量などの増量補正量も挙げることができる。この場合も、増量補正がなされると、燃料噴射時における燃料噴射弁とピストン頂面との距離が通常よりも長くなるように燃料噴射弁による燃料噴射を調整することにより、請求項1の作用効果を生じさせることができる。

【0013】請求項3記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置は、請求項1または2記載の構成に対して、吸気行程にて燃料を噴射する燃料噴射形態では、燃料が増加される場合には燃料噴射開始時期を遅角することを特徴とする。

【0014】吸気行程では、ピストンは燃料噴射弁から離れつつあるので、吸気行程にて燃料を噴射する場合は、燃料増加があれば燃料噴射開始時期を遅角することにより、燃料噴射弁とピストン頂面との距離を通常よりも長くすることができる。したがって、請求項1または2の作用効果を生じさせることができる。

【0015】請求項4記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置は、請求項3記載の構成に対して、燃料が増加される場合の前記燃料噴射開始時期の遅角は、暖機後の吸気行程にて燃料を噴射する場合に行うことを特徴とする。

【0016】このような吸気行程噴射にて燃料増加された場合の燃料噴射開始時期の遅角は、暖機後に限って行っても良い。このことにより、特に触媒の高温化抑制のための燃料増量などの増量補正時に、請求項3の作用効果を生じさせることができる。

【0017】請求項5記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置は、請求項1または2記載の構成に対して、吸気行程にて燃料を噴射する燃料噴射形態では、燃料が増加される場合には、燃料噴射時間を、燃料増加に対応して自ずと変化する燃料噴射時間よりも長くすることを特徴とする。

【0018】吸気行程にて燃料を噴射する場合は、燃料増加があると、燃料増加に対応して自ずと変化する燃料噴射時間よりも燃料噴射時間を長くする。吸気行程ではピストンは燃料噴射弁から離れつつある。したがって、吸気行程にて燃料を噴射する場合は、通常の燃料噴射時間よりも燃料噴射時間を長くすることによっても、燃料噴射時間全体では燃料噴射弁とピストン頂面との距離を通常の増加時よりも長くすることができる。

【0019】すなわち、燃料増加時には、燃料噴射時間を、燃料増加により自ずと生じる長さよりも長くすると、燃料噴射時間全体としては通常よりも遅角側にずれることになる。そして吸気行程においては燃料噴射時間の終期に近づくほど燃料噴射弁とピストン頂面との距離が長くなる。このため、燃料が増加すれば燃料噴射時間全体では燃料噴射弁とピストン頂面との距離は長くなる。このことにより、燃料噴射時間全体として、燃料噴射弁とピストン頂面との距離を長くすることができる。したがって、請求項1または2の作用効果を生じさせることができる。

【0020】請求項6記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置は、請求項5記載の構成に対して、燃料が増加される場合には、燃料圧力を低下させることにより、燃料噴射時間を、燃料増加に対応して自ずと変化する燃料噴射時間よりも長くすることを特徴とする。

【0021】このように、通常の燃料噴射時間より燃料噴射時間を長くする手法として、燃料圧力を低下させる手法を挙げることができる。このことにより請求項5の作用効果を生じさせることができる。

【0022】請求項7記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置は、請求項1または2記載の構成に対して、圧縮行程にて燃料を噴射する燃料噴射形態では、燃料が増加される場合には、燃料噴射時間を短くすることを特徴とする。

【0023】このように、圧縮行程にて燃料を噴射する場合は、燃料増加時に燃料噴射時間を短くすることによっても、燃料噴射時間全体における燃料噴射弁とピストン頂面との距離を通常の増加時よりも長くすることができる。

【0024】すなわち、燃料噴射開始時期が変わらないのに燃料噴射時間を短くすれば、燃料噴射時間全体は進角側にずれることになる。圧縮行程では、ピストンは燃料噴射弁に近づいてゆくので、圧縮行程においては燃料噴射時間の終期が早ければ早いほど燃料噴射時間全体では燃料噴射弁とピストン頂面との距離が長くなる。したがって、請求項1または2の作用効果を生じさせることができる。

【0025】請求項8記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置は、請求項7記載の構成に対して、燃料が増加される場合には、燃料圧力を上昇させることにより、燃料噴射時間を短くすることを特徴とする。

【0026】このように、燃料噴射時間を短くする手法として、燃料圧力を上昇させる手法を挙げることができる。このことにより請求項7の作用効果を生じさせることができる。

【0027】

【発明の実施の形態】〔実施の形態1〕図1は、上述した発明が適用された筒内噴射式内燃機関およびその制御系の概略構成を表す。

【0028】筒内噴射式内燃機関としてのガソリンエンジン（以下、「エンジン」と略す）2は、その出力により自動車を駆動するために自動車に搭載されている。このエンジン2は4つのシリンダ2aを有している。図2～図5にも示すごとく、各シリンダ2aには、シリンダブロック4、シリンダブロック4内で往復動するピストン6、およびシリンダブロック4上に取り付けられたシリンダヘッド8にて区画された燃焼室10がそれぞれ形成されている。

【0029】そして各燃焼室10には、それぞれ第1吸気弁12a、第2吸気弁12bおよび一対の排気弁16が設けられている。この内、第1吸気弁12aは第1吸気ポート14aに接続され、第2吸気弁12bは第2吸気ポート14bに接続され、一対の排気弁16は一対の排気ポート18にそれぞれ接続されている。

【0030】図2はシリンダヘッド8の平面断面図であって、図示されるように第1吸気ポート14aおよび第2吸気ポート14bは略直線状に延びるストレート型吸気ポートである。また、シリンダヘッド8の内壁面の中央部には点火プラグ20が配置されている。更に、第1吸気弁12aおよび第2吸気弁12b近傍のシリンダヘッド8の内壁面周辺部には、燃焼室10内に直接燃料を噴射できるようにメインインジェクタ（燃料噴射弁に相当する）22が配置されている。

【0031】なお、図3はピストン6における頂面の平面図、図4は図2におけるX-X断面図、図5は図2におけるY-Y断面図である。図示されるように略山形に形成されたピストン6の頂面上にはメインインジェクタ22の下方から点火プラグ20の下方まで延びるドーム形の輪郭形状を有する凹部24が形成されている。

【0032】図1に示したごとく、各シリンダ2aの第1吸気ポート14aは吸気マニホールド30内に形成された第1吸気通路30aを介してサージタンク32に接続されている。また、第2吸気ポート14bは第2吸気通路30bを介してサージタンク32に連結されている。この内、第2吸気通路30b内にはそれぞれ気流制御弁34が配置されている。これらの気流制御弁34は、共通のシャフト36を介して接続されていると共に、このシャフト36を介して負圧式アクチュエータ37により開閉作動される。なお、気流制御弁34が閉状態とされた場合には、第1吸気ポート14aのみから吸入される吸気により燃焼室10内には強い旋回流S（図

2）が生じる。

【0033】サージタンク32は吸気ダクト40を介してエアクリーナ42に連結されている。吸気ダクト40内にはモータ44（DCモータまたはステップモータ）によって駆動されるスロットル弁46が配置されている。このスロットル弁46の開度（スロットル開度TA）はスロットル開度センサ46aにより検出されて運転状態に応じた開度制御がなされる。また、各シリンダ2aの各排気ポート18は排気マニホールド48に連結されている。排気マニホールド48は触媒コンバータ49を介して排気を浄化して外部に排出している。

【0034】第1吸気弁12aおよび第2吸気弁12b近傍のシリンダヘッド8には、燃料分配管50が設けられている。この燃料分配管50には各シリンダ2aに設けられているメインインジェクタ22が接続されている。成層燃焼および均質燃焼を行う際には、このメインインジェクタ22から燃料が直接燃焼室10内に噴射される。

【0035】またサージタンク32にはサブインジェクタ52が取り付けられている。低温始動時にはこのサブインジェクタ52から燃料がサージタンク32内に一時的に噴射される。このサブインジェクタ52は、メインインジェクタ22と比較して燃料を極めて粒径の小さい高微粒化状態で噴射することができる。

【0036】メインインジェクタ22に燃料を分配している燃料分配管50は高圧燃料通路54aを介して高圧ポンプ54に接続されている。高圧燃料通路54aには、燃料分配管50から高圧ポンプ54側に燃料が逆流することを規制する逆止弁54bが設けられている。高圧ポンプ54には、低圧燃料通路54cを介して燃料タンク56内に設けられた低圧ポンプ58が接続されている。

【0037】低圧ポンプ58は、燃料タンク56内の燃料を吸引および吐出することにより、燃料を低圧燃料通路54cを通じて高圧ポンプ54に圧送する。これとともに、低圧燃料通路54cは途中で分岐してサブインジェクタ52に接続されている。したがって、燃料タンク56の燃料は、低圧ポンプ58から低圧燃料通路54cを通じてサブインジェクタ52にも圧送されている。

【0038】高圧ポンプ54はエンジン2のクランクシャフト（図示略）により駆動されることによって燃料を高圧に加圧するとともに、その加圧された燃料を高圧燃料通路54aを介して燃料分配管50内に圧送する。高圧ポンプ54は、内部に電磁スビル弁54dが設けられている。この電磁スビル弁54dが開弁している場合、高圧ポンプ54に供給された燃料は燃料分配管50側に加圧圧送されることなく燃料タンク56側に戻される。これに対して、電磁スビル弁54dが閉弁している場合には、高圧ポンプ54から燃料が高圧燃料通路54aを通じて燃料分配管50側へ加圧圧送される。電子制御ユ

ニット（以下、「ECU」と称する）60は、燃料分配管50に取り付けられた燃圧センサ50aの検出値とECU60により別途制御される燃料噴射量とを参照して、前述した電磁スビル弁54dの開閉時期を制御する。このことにより、ECU60は、高圧ポンプ54から燃料分配管50に加圧圧送される燃料量を調節し、燃料分配管50内の燃料圧力を必要な圧力に調節する。なお、燃料分配管50や低圧燃料通路54cにおける過剰な燃料のリターン経路は図示省略している。

【0039】ECU60は、デジタルコンピュータからなり、双方向性バス62を介して相互に接続されたRAM（ランダムアクセスメモリ）64、ROM（リードオンリメモリ）66、CPU（マイクロプロセッサ）68、入力ポート70および出力ポート72を備えている。

【0040】スロットル開度TAを検出するスロットル開度センサ46aはスロットル弁46の開度に比例した出力電圧をAD変換器73を介して入力ポート70に入力している。燃料分配管50に設けられた燃圧センサ50aは燃料分配管50内の燃料圧力に比例した出力電圧をAD変換器73を介して入力ポート70に入力している。アクセルペダル74にはアクセル開度センサ76が取り付けられ、アクセルペダル74の踏み込み量に比例した出力電圧をAD変換器73を介して入力ポート70に入力している。上死点センサ80は例えばシリンダ2aの内の1番シリンダが吸気上死点に達したときに出力パルスを発生し、この出力パルスが入力ポート70に入力される。クランク角センサ82は、クランクシャフトが30度回転する毎に出力パルスを発生し、この出力パルスが入力ポート70に入力される。CPU68では上死点センサ80の出力パルスとクランク角センサ82の出力パルスから現在のクランク角が計算され、クランク角センサ82の出力パルスの頻度からエンジン回転数NEが計算される。

【0041】サージタンク32には、吸気圧センサ84が設けられ、サージタンク32内の吸気圧PM（吸入空気の圧力：絶対圧）に対応した出力電圧をAD変換器73を介して入力ポート70に入力している。エンジン2のシリンダブロック4には水温センサ86が設けられ、エンジン2の冷却水温度THWを検出し冷却水温度THWに応じた出力電圧をAD変換器73を介して入力ポート70に入力している。エンジン2のシリンダブロック4にはノックセンサ87が設けられ、エンジン2の振動の内、ノッキングに起因する振動の周波数帯を検出して、その強度に応じた出力電圧をAD変換器73を介して入力ポート70に入力している。排気マニホールド48には空燃比センサ88が設けられ、空燃比に応じた出力電圧をAD変換器73を介して入力ポート70に入力している。

【0042】出力ポート72は、対応する駆動回路90

を介して各メインインジェクタ22、サブインジェクタ52、負圧式アクチュエータ37、モータ44、電磁スビル弁54d、およびイグナイタ92に接続されて、各装置22、52、37、44、54d、92を必要に応じて駆動制御している。

【0043】次にエンジン2において始動完了後に行われる燃料噴射制御および関連する処理について説明する。図6に燃料噴射制御に必要な運転領域を設定する処理のフローチャートを示す。本処理は予め設定されているクランク角毎に周期的に実行される処理である。

【0044】まず、クランク角センサ82の信号から得られているエンジン回転数NEと、アクセル開度センサ76の信号から得られているアクセルペダル74の踏み込み量（以下、アクセル開度と称する）ACCPとがRAM64の作業領域に読み込まれる（S100）。

【0045】次に、これらエンジン回転数NEとアクセル開度ACCPとに基づいて、リーン燃料噴射量QLを算出する（S110）。このリーン燃料噴射量QLは、成層燃焼を行う際に出力トルクを要求トルクとするのに最適な燃料噴射量を表している。リーン燃料噴射量QLは予め実験により求められて、図7に示すごとく、アクセル開度ACCPとエンジン回転数NEとをパラメータとするマップとしてROM66内に記憶されている。ステップS110ではこのマップに基づいてリーン燃料噴射量QLが算出される。

【0046】次に、こうして求められたリーン燃料噴射量QLとエンジン回転数NEとに基づいて、図8に示されるような3つの運転領域R1、R2、R3が定められる（S115）。こうして一旦処理を終了する。

【0047】このように運転領域R1、R2、R3が定められると、各運転領域R1～R3に応じて燃料噴射形態が制御される。すなわち、リーン燃料噴射量QLがしきい値QQ1よりも少ない運転領域R1では、リーン燃料噴射量QLに応じた量の燃料を圧縮行程末期に噴射する。この圧縮行程末期での噴射による噴射燃料はピストン6の凹部24内に進行した後、凹部24の周壁面26に衝突する。周壁面26に衝突した燃料は気化せしめられつつ移動して点火プラグ20近傍の凹部24内に可燃混合気層が形成される。そしてこの層状の可燃混合気に点火プラグ20によって点火がなされることにより、成層燃焼が行われる。

【0048】また、リーン燃料噴射量QLがしきい値QQ1としきい値QQ2との間である運転領域R2では、リーン燃料噴射量QLに応じた量の燃料を吸気行程と圧縮行程末期とに2回に分けて噴射する。すなわち、吸気行程に第1回目の燃料噴射が行われ、次いで圧縮行程末期に第2回目の燃料噴射が行われる。第1回目の噴射燃料は吸入空気と共に燃焼室10内に流入し、この噴射燃料によって燃焼室10内全体に均質な稀薄混合気が形成される。また、圧縮行程末期に燃料噴射が行われる結

果、前述したごとく点火プラグ20近傍の凹部24内には可燃混合気層が形成される。そしてこの層状の可燃混合気に点火プラグ20によって点火がなされ、またこの点火火炎によって燃焼室10内全体を占める稀薄混合気が燃焼される。すなわち、運転領域R2では前述した運転領域R1よりも成層度の弱い成層燃焼が行われる。

【0049】リーン燃料噴射量QLがしきい値QQ2よりも多い運転領域R3では、理論空燃比基本燃料噴射量QBSに応じた量の燃料を吸気行程に噴射する。この噴射燃料は吸入空気と共に燃焼室10内に流入し、この噴射燃料によって燃焼室10内全体に均質な理論空燃比

(後述するごとく、増量補正により理論空燃比より燃料濃度が濃いリッチ空燃比に制御される場合もある)の均質混合気が形成され、この結果、均質燃焼が行われる。

【0050】上述した運転領域設定処理により設定された運転領域に基づいて実行される燃料噴射量制御処理のフローチャートを図9に示す。本処理は運転領域設定処理の後に実行される処理である。

【0051】燃料噴射量制御処理が開始されると、まず、クランク角センサ82の信号から得られているエンジン回転数NE、吸気圧センサ84の信号から得られている吸気圧PM、および空燃比センサ88の信号から得られている酸素濃度検出値VoxをRAM64の作業領域に読み込む(S120)。

【0052】次に、現在、運転領域R3が設定されているか否かが判定される(S122)。現在の運転状態が運転領域R3として設定されていると判定された場合には(S122で「YES」)、予めROM66に設定されている図10のマップを用いて、吸気圧PMとエンジン回転数NEとから、理論空燃比基本燃料噴射量QBSが算出される(S130)。

【0053】次に、高負荷増量OTP算出処理(S140)が行われる。この高負荷増量OTP算出処理について図11のフローチャートに基づいて説明する。高負荷増量OTP算出処理では、まず、アクセル開度ACCPが高負荷増量判定値KOTPACを越えているか否かが判定される(S141)。

【0054】ACCP≤KOTPACであれば(S141で「NO」)、高負荷増量OTPには値「0」が設定される(S142)。すなわち燃料の増量補正は行われない。こうして、高負荷増量OTP算出処理を一旦出る。

【0055】ACCP>KOTPACであれば(S14\*

Q ←

$$QBS\{1 + OTP + FKNK + (FAF - 1.0) + (KG - 1.0)\}\alpha + \beta$$

… [式1]

ここで、α、βはエンジン2の種類や制御の内容に応じて適宜設定される係数である。

【0061】こうして一旦燃料噴射量制御処理を終了する。ステップS122にて、運転領域R3以外の領域、

\*1で「YES」)、高負荷増量OTPには値M(例えば、1>M>0)が設定される(S144)。すなわち燃料の増量補正が行われる。この増量補正は、高負荷時に触媒コンバータ49が過熱するのを防止するためになされる。

【0056】図9に戻り、ステップS140にて高負荷増量OTPが算出された後に、次に、ノック制御処理における点火遅角に応じた遅角増量FKNKが算出される(S146)。これは、図12に示すごとく予めROM66内に設定されているエンジン回転数NEとノック遅角反映値AKNKとをパラメータとするマップに基づいて求められる。このノック遅角反映値AKNKは後述するノック制御処理(図13、14)により算出される点火時期遅角補正量である。遅角増量FKNKは、ノック制御処理においてノッキングを抑制するために点火時期が遅角されるのに伴い、触媒コンバータ49が過熱されるのを防止するために設けられている。なお、AKNK=0であれば、FKNK=0に設定される。

【0057】次に、空燃比フィードバック条件が成立しているか否かが判定される(S150)。例えば、「(1) 始動時でない。(2) 燃料カット中でない。(3) 暖機完了している。(例えば冷却水温度THW≥40°)(4) 空燃比センサ88は活性完了している。(5) 高負荷増量OTPの値が0である。(6) 遅角増量FKNKの値が0である」の条件がすべて成立しているか否かが判定される。

【0058】空燃比フィードバック条件が成立していれば(S150で「YES」)、空燃比フィードバック係数FAFとその学習値KGの算出が行われる(S160)。空燃比フィードバック係数FAFは空燃比センサ88の出力に基づいて算出され、学習値KGは空燃比フィードバック係数FAFが中心値である1.0からのずれ量を記憶するものであり、このような値を用いた空燃比制御技術は特開平6-10736号公報などに示されているごとく種々の手法が知られている。

【0059】一方、空燃比フィードバック条件が成立していなければ(S150で「NO」)、空燃比フィードバック係数FAFには1.0が設定される(S170)。ステップS160またはS170の次に、燃料噴射量Qが次式1のごとく求められる(S180)。

【0060】

【数1】

すなわち運転領域R1、R2のいずれかの場合は(S122で「NO」)、燃料噴射量Qには、運転領域設定処理のステップS110にて求められているリーン燃料噴射量QLが設定される(S190)。こうして一旦燃料

噴射量制御処理を終了する。

【0062】図13、14のフローチャートにノック制御処理を示す。本処理は運転領域設定処理と同周期で実行される。ノック制御処理が開始されると、まず、ECU60はクランク角センサ82の信号により得られるエンジン回転数NEと吸気圧センサ84の信号により得られる吸気圧PMとをRAM64に読み込む(S200)。

【0063】そして、これらエンジン回転数NEと吸気圧PMとに基づいて、基本点火時期ABSEおよび最大遅角値AKMAXを算出する(S210)。回転数NEと吸気圧PMとをパラメータとして基本点火時期ABSEを求めるマップ、および回転数NEと吸気圧PMとをパラメータとして最大遅角値AKMAXを求めるマップが予めROM66に設定され、これらのマップから算出される。ここで、基本点火時期ABSEはノッキング等による影響を考慮せずに、エンジン2の出力トルクが最大となるように設定された点火時期である。一方、最大遅角値AKMAXは、基本点火時期ABSEを遅角させる際の最大値であり、ノッキングの発生を確実に抑制することができるときに設定されている。

【0064】次に、ECU60はノックセンサ87からの出力信号に基づいてノック信号KCSを読み込むと\*

$$AKH \leftarrow AKCS - AGKNK \quad \dots \text{[式2]}$$

ここで、点火時期補正学習値AGKNKは後述する点火時期補正学習処理(S300)にて繰り返し算出され、RAM64に記憶されている値である。

【0068】次に、次式3に従ってノック遅角反映値A\*

$$AKNK \leftarrow AKMAX + AKH \quad \dots \text{[式3]}$$

こうして、点火時期補正を終了し、次に点火時期補正学習処理(S300)を実行する。

【0070】図14に点火時期補正学習処理のフローチャートを示す。本処理においては、まず、ECU60はノック制御値AKCSが「2.5°CA」より大きいかなかを判定する(S310)。ここでAKCS>2.5°CAであった場合(S310で「YES」)、ノック学習値AGKNKから「0.5°CA」を減算し、その結果を新たなノック学習値AGKNKとして設定する(S320)。

【0071】一方、AKCS≤2.5°CAであった場合(S310で「NO」)、ノック制御値AKCSが「0.5°CA」より小さいかなかを判定する(S330)。ここでAKCS<0.5°CAであった場合(S330で「YES」)、ノック学習値AGKNKに「0.5°CA」を加算し、その結果を新たなノック学習値AGKNKとして設定する(S340)。

【0072】このノック学習値AGKNKはノッキングが頻繁に発生する傾向がある場合には相対的に小さく★

$$AOP \leftarrow ABSE - AKNK \quad \dots \text{[式4]}$$

こうして一旦ノック制御処理を終了する。

\*もと、このノック信号KCSのレベルに基づいてエンジン2にノッキングが発生しているかなかを判定する(S220)。ノッキングが発生しているとされた場合(S220で「YES」)には、ノック制御値AKCSに「0.4°CA」を加算し、その結果を新たなノック制御値AKCSとして設定する(S230)。一方、ノッキングが発生していないとされた場合(S220で「NO」)には、ノック制御値AKCSから「0.01°CA」を減算し、その結果を新たなノック制御値AKCSとして設定する(S240)。

【0065】すなわち、このノック制御値AKCSは、ステップS230、S240の処理により、現在のエンジン2のノッキング発生状況に応じてその大きさが変化する値である。ここで「°CA」はクランク角度を表しており、このノック制御値AKCSの他に、基本点火時期ABSE、最大遅角値AKMAX、および後述する各値AGKNK、AKNK、AKH、AOPは、いずれもこのクランク角度を単位とする量である。

【0066】ステップS230またはステップS240の処理を実行した後、ECU60は次式2に従って補正値AKHを算出する(S250)。

【0067】

【数2】

$$AKH \leftarrow AKCS - AGKNK \quad \dots \text{[式2]}$$

\*KNKを算出する(S260)。

【0069】

【数3】

30★設定され、逆にノッキングの発生回数が少ない場合には相対的に大きく設定される。したがって、このノック学習値AGKNKは、燃料のオクタン価の違い、エンジン特性のバラツキやその経時変化といったノッキングの発生に対して定常的な影響を及ぼす要因を反映した値となる。

【0073】次に、ステップS320あるいはステップS340の後に、ノック学習値AGKNKに過剰に大きな値または過剰に小さな値が設定されるのを防止するための上下限ガード処理を行う(S350)。

【0074】そして、ステップS350の後、あるいはステップS330にて「NO」と判定された場合には、点火時期補正学習処理を終了する。図13に戻り、点火時期補正学習処理(S300)の次には、次式4に示すごとく、基本点火時期ABSEからノック遅角反映値AKNKを減算して最終点火時期AOPを算出する(S400)。

【0075】

【数4】

50 【0076】燃料噴射時期制御処理を図15のフローチ



ャートに示す。本処理は、高負荷増量算出処理（図 11）およびノック制御処理（図 13、14）の次に行われる処理であり、同周期で実行される。

【0077】燃料噴射時期制御処理が開始されると、まず、現在、運転領域 R1 かが否かが判定される（S410）。運転領域 R1 であれば（S410 で「YES」）、燃料噴射は圧縮行程末期に設定される（S420）。この圧縮行程末期における燃料噴射開始時期  $\theta_c$  は、例えば燃料噴射量 Q とエンジン回転数 NE とをパラメータとする運転領域 R1 用燃料噴射開始時期マップから算出される。そして一旦燃料噴射時期制御処理を終了する。なお、ここで燃料噴射開始時期（ $\theta_c$  等）はクランク角度で表している。

【0078】運転領域 R1 でなければ（S410 で「NO」）、次に運転領域 R2 かが否かが判定される（S430）。運転領域 R2 であれば（S430 で「YES」）、燃料噴射は吸気行程と圧縮行程末期との 2 回のタイミングに設定される（S440）。この吸気行程における燃料噴射開始時期  $\theta_a$  と圧縮行程末期における燃料噴射開始時期  $\theta_c$  とは、例えば、燃料噴射量 Q とエンジン回転数 NE とをパラメータとする運転領域 R2 用吸気行程燃料噴射開始時期マップおよび運転領域 R2 用圧縮行程燃料噴射開始時期マップからそれぞれ算出される。そして一旦燃料噴射時期制御処理を終了する。

【0079】運転領域 R2 でなければ（S430 で「NO」）、運転領域 R3 であることから、燃料噴射は吸気行程に設定される（S470）。この吸気行程における燃料噴射開始時期  $\theta_a$  は、例えば、吸気圧 PM とエンジン回転数 NE とをパラメータとする運転領域 R3 用吸気行程燃料噴射開始時期マップから算出される。

【0080】次に、ステップ S180 にて算出されている運転領域 R3 における燃料噴射量 Q において増量補正量  $\Delta Q$  が存在するか否かが判定される（S480）。具体的には、ステップ S140 で算出された高負荷増量 OTP とステップ S146 で算出された遅角増量 FKNK との合計  $OTP + FKNK (= \Delta Q)$  が正の値であるかが判定される。 $\Delta Q = 0$  であれば（S480 で「NO」）、このまま、一旦燃料噴射時期制御処理を終了する。

【0081】ステップ S140 またはステップ S146 のいずれかにて増量補正量が発生した場合には、 $\Delta Q > 0$  であるので（S480 で「YES」）、次に噴射開始時期遅角補正処理を行う（S490）。この噴射開始時期遅角補正処理は、ステップ S470 にて運転領域 R3 用に設定した吸気行程時の燃料噴射開始時期  $\theta_a$  を遅角するための遅角補正值  $\theta_d$  を算出するものである。例えば、図 16 に示すごとく  $\Delta Q$  とエンジン回転数 NE とをパラメータとするマップにより遅角補正值  $\theta_d$  を算出する。そして、この遅角補正值  $\theta_d$  により次式 5 に示すごとく、燃料噴射開始時期  $\theta_a$  を遅角補正して、新たな

燃料噴射開始時期  $\theta_{ad}$  を設定する。

【0082】

【数 5】

$$\theta_{ad} \leftarrow \theta_a + \theta_d \quad \dots \quad \text{〔式 5〕}$$

こうして、一旦燃料噴射時期制御処理を終了する。

【0083】ここで、図 16 により求められる遅角補正值  $\theta_d$  は、メインインジェクタ 22 の噴射口 22a から噴射される燃料の増加補正量に応じて、燃料噴射時におけるメインインジェクタ 22 とピストン頂面 24a との距離が大きくなるように、燃料噴射開始時期  $\theta_a$  を補正している。

【0084】図 17 は、運転領域 R3 における燃料噴射の一例を示している。 $\Delta Q = 0$  である場合には（S480 で「NO」）、燃料噴射開始時期  $\theta_a$  は遅角補正されることが無く、燃料噴射開始時期  $\theta_a$  に対応する時刻  $t_{a0}$  にて燃料噴射が開始される。そして、燃料噴射量 Q に対応する時間（ $t_{a0} \sim t_{a1}$ ）、燃料を噴射している。

【0085】しかし、 $\Delta Q > 0$  である場合には（S480 で「YES」）、燃料噴射開始時期  $\theta_a$  は遅角補正されて燃料噴射開始時期  $\theta_{ad}$  となり、燃料噴射開始時期  $\theta_{ad}$  に対応する時刻  $t_{d0}$  にて燃料噴射が開始される。そして、増量された燃料噴射量 Q に対応する時間（ $t_{d0} \sim t_{d1}$ ）、燃料を噴射している。

【0086】すなわち、遅角補正がなされない燃料噴射開始時期  $\theta_a$  では、時刻  $t_{a0}$  にて噴射開始するが、この時にはピストン頂面 24a は上死点 TDC から離れ始めたばかりの状態である。このため、メインインジェクタ 22 の噴射口 22a から燃料が液状で飛翔する領域 A1 の全期間（期間 Fa）がピストン頂面 24a に交叉する。しかも、メインインジェクタ 22 の噴射口 22a とピストン頂面 24a との距離が十分に近い状態で交叉する。このことによりピストン頂面 24a には液状の燃料が付着する。しかし、この時には、燃料噴射量自体が増加補正されていないので、実際の燃料付着量は少なく、点火までには燃料は十分に蒸発する。

【0087】一方、遅角された燃料噴射開始時期  $\theta_{ad}$  では、時刻  $t_{d0}$  にて噴射開始する。この時には時刻  $t_{a0}$  の場合に比較してピストン頂面 24a は上死点 TDC から更に離れている。このため、メインインジェクタ 22 の噴射口 22a から燃料が液状で飛翔する領域 D1 の最初の一部の期間（期間 Fd）がピストン頂面 24a に交叉するのみとなる。しかも、時刻  $t_{a0}$  の場合に比較してメインインジェクタ 22 の噴射口 22a とピストン頂面 24a との距離が離れた状態で交叉する。このことによりピストン頂面 24a には液状の燃料がほとんど付着しない。しかも長距離飛翔した後の燃料であることから、実質的に液状で残存している燃料割合は小さいので、尚更、実際の燃料付着量は少なくなる。したがって、この場合も点火までには燃料は十分に蒸発する。



【0088】以上説明した本実施の形態1によれば、以下の効果が得られる。

(イ)．メインインジェクタ22から噴射される燃料の増加補正量 $\Delta Q$ に応じて、燃料噴射時におけるメインインジェクタ22の噴射口22aとピストン頂面24aとの距離が大きくなるように、メインインジェクタ22による燃料噴射開始時期を遅角させている(S490)。このことにより、図17にて説明したごとく、燃料が増加してもピストン頂面24aへの燃料付着量の増加を抑えること、あるいは逆に燃料付着量を低下させることもできる。

【0089】従来技術のごとく、燃料増量補正時に燃料噴射開始時期を遅角させないと、図17の期間Feに示すごとく、メインインジェクタ22の噴射口22aとピストン頂面24aとの距離が小さい状態で、ピストン頂面24aは長時間、液状の燃料に曝されることになる。このため大量の燃料がピストン頂面24aに付着する。このことに起因して、燃料の一部が完全に燃焼せずにカーボンとなってピストン頂面24aおよびその周辺に堆積し、燃焼室10が縮小して圧縮比が上昇しノッキングを発生し易くしたり、ピストン6の凹部24の変形により成層燃焼に悪影響を及ぼしたりするおそれがある。これ以外にもピストン6とシリンダ2aとの間にカーボンが噛み込みを生じるおそれがある。

【0090】本実施の形態1では、燃料が増加してもピストン頂面24aへの燃料付着量の増加を抑えることができるので、カーボン堆積による問題は生じない。

【実施の形態2】本実施の形態2は、前記実施の形態1とは図18に示す燃料噴射時期制御処理が異なる。これ以外の構成は、基本的には前記実施の形態1と同じである。なお、図18のステップにおいて実施の形態1と同一の処理については、該当する実施の形態1のステップに付した符号に「1000」を加えた符号で示してい

$$DT \leftarrow k1 \times (DTp + DTi + FF) \quad \dots \quad \text{【式6】}$$

ここで、DTは高压ポンプ54の電磁スビル弁54dに対する制御電流のデューティを表し、k1は係数、DTpは比例項、DTiは積分項、FFはフィードフォワード項である。

【0097】比例項DTp、積分項DTi、およびフィ

$$DTp \leftarrow k2 \times \Delta P \quad \dots \quad \text{【式7】}$$

$$DTi \leftarrow DTi + k3 \times \Delta P \quad \dots \quad \text{【式8】}$$

$$FF \leftarrow k4 \times Q \times P / P0 \quad \dots \quad \text{【式9】}$$

ここで、k2、k3、k4は係数、QはステップS180で求めた燃料噴射量である。また、 $\Delta P$ は次式10で与えられた目標圧Ptと実測値Pとの偏差である。

$$\Delta P \leftarrow Pt - P \quad \dots \quad \text{【式10】}$$

この目標圧Ptが、増加補正量 $\Delta Q > 0$ である場合(S1480で「YES」)には、他の場合よりも低い燃圧Pdに設定される。このことにより、燃料分配管50内の燃圧Pが、高压ポンプ54の電磁スビル弁54dに

＊る。

【0091】図18の燃料噴射時期制御処理では、運転領域R1～R3を判定し(S1410、S1430)、各運転領域R1～R3毎に、燃料噴射形態を設定する(S1420、S1440、S1470)点については同じである。

【0092】運転領域R3については、ステップS1470の後、増加補正量 $\Delta Q$ が存在するか否かの判定(S1480)を行うが、実施の形態1と異なるのは、このステップS1480以後の処理である。

【0093】 $\Delta Q > 0$ と判定された場合(S1480で「YES」)には、燃料分配管50内の燃圧の目標圧Ptとして通常時の燃圧P0よりも低い燃圧Pdが設定(S1486)される。また、 $\Delta Q = 0$ と判定された場合(S1480で「NO」)には、燃料分配管50内の燃圧の目標圧Ptとして通常時の燃圧P0が設定(S1484)される。なお、運転領域R1、R2についての燃料噴射形態が決定(S1420、S1440)された後においては、それぞれ目標圧Ptとして通常時の燃圧P0が設定(S1484)される。こうして一旦処理を終了する。

【0094】前記実施の形態1では、燃料の増加補正量 $\Delta Q$ が存在する場合は、燃料噴射開始時期を遅角させていたが、本実施の形態2では、燃料噴射開始時期の遅角の代わりに、燃料噴射率(単位時間当たりの燃料噴射量)を決定する燃圧を低下させている。すなわち $\Delta Q > 0$ では燃料噴射率を低下させている。

【0095】このように目標圧Ptを低下することにより、次式6に基づいて燃料分配管50内の燃圧をフィードバック制御している燃圧制御処理により、燃料分配管50内の実際の燃圧が低下される。

【0096】

【数6】

＊ードフォワード項FFは、それぞれ次式7～9により算出される。

【0098】

【数7】

★【0099】

【数8】

… 【式10】

するデューティ制御により、低い燃圧Pdに調整される。

【0100】一方、増加補正量 $\Delta Q = 0$ である場合(S1480で「NO」)、あるいは他の運転領域R1、R

2では、目標圧 $P_t$ は通常時の燃圧 $P_0$ に設定される。このことにより、燃料分配管50内の燃圧が、高圧ポンプ54の電磁スビル弁54dに対するデューティ制御により、通常の燃圧 $P_0$ に調整される。

【0101】なお、燃料噴射量 $Q$ は最終燃料噴射時間 $\tau$ に変換する際に、燃圧により燃料噴射量が変化しないように燃圧センサ50aにより実測された燃圧を反映させる。このため、燃圧が低ければ同じ燃料噴射量 $Q$ であっても、最終燃料噴射時間 $\tau$ は長くなる。

【0102】図19に運転領域R3における燃料噴射状態の一例を示す。 $\Delta Q=0$ である場合には（S1480で「NO」）、燃料分配管50内は通常の燃圧 $P_0$ に制御される。噴射開始の時刻 $t_{a10}$ ではピストン頂面24aは上死点TDCから離れ始めたばかりの状態である。このため、メインインジェクタ22の噴射口22aから燃料が液状で飛翔する領域A2の全期間がピストン頂面24aに交差する（期間Fa1）。しかも、メインインジェクタ22の噴射口22aとピストン頂面24aとの距離が十分に近い状態で交差する。このことによりピストン頂面24aには液状の燃料が付着する。しかし、この時には、燃料噴射量自体が増加補正されていないので、実際の燃料付着量は少なく、点火までには燃料は十分に蒸発する。

【0103】一方、 $\Delta Q>0$ である場合には（S1480で「YES」）、燃料噴射開始時期は変化していないが燃圧 $P$ は低下する。このように、燃圧 $P$ が低いことにより、液体燃料の飛翔速度が緩くなり、更に燃料噴射率が低下するので噴射時間が長くなり、燃料は分散して噴射される。このため、メインインジェクタ22の噴射口22aから燃料が液状で飛翔する領域D2はピストン頂面24aとは交差しなくなる。たとえ交差しても時間的に分散された燃料の最初の一部分の領域が交差するのみである。このことによりピストン頂面24aには液状の燃料がほとんど付着しない。

【0104】以上説明した本実施の形態2によれば、以下の効果が得られる。

(イ)、メインインジェクタ22から噴射される燃料の増加補正量 $\Delta Q$ に応じて、燃圧を低下させて噴射率を低下させる（S1486）ことにより、メインインジェクタ22による燃料噴射時間を通常よりも長くしている。このように、燃料噴射時間を通常よりも長くすると、燃料噴射時間全体で見れば、メインインジェクタ22の噴射口22aとピストン頂面24aとの距離が大きくなる。このことにより、図19にて説明したごとく、燃料が増加してもピストン頂面24aへの燃料付着量の増加を減少させたり抑えることができる。したがって、カーボン堆積による問題は生じない。

【0105】〔実施の形態3〕本実施の形態3は、前記実施の形態2とは図20に示す燃料噴射時期制御処理が異なる。これ以外の構成は、基本的には前記実施の形態

2と同じである。なお、図20のステップにおいて実施の形態2と同一の処理については、該当する実施の形態2のステップに付した符号に「1000」を加えた符号で示している。

【0106】図20においては、運転領域R1と判定された（S2410で「YES」）後に、燃料噴射は圧縮行程末期に設定される（S2420）。この点は、前記実施の形態1、2と同じである。そして、ステップS2420の次に図21に示す燃料噴射量 $Q$ とエンジン回転数 $NE$ をパラメータとするマップMapから燃圧 $P_c$ が算出されて目標圧 $P_t$ に設定する（S2488）。こうして一旦処理を終了する。ステップS2488で用いられるマップMapは、燃料噴射量 $Q$ が大きくなるほど燃圧 $P$ を高くし、エンジン回転数 $NE$ が高いほど燃圧 $P$ を高くするように設定されている。

【0107】なお、運転領域R2、R3については、前記実施の形態2の場合と同じ処理が行われる。このように、運転領域R1での圧縮行程噴射時においても、燃料噴射量 $Q$ に応じて、燃料噴射量 $Q$ が大きくなるほど燃料分配管50内の燃圧は上昇するので、燃圧が高ければ同じ燃料噴射量 $Q$ であっても、最終燃料噴射時間 $\tau$ は短くなる。

【0108】図22は、運転領域R1における燃料噴射状態の一例を示している。燃料噴射量 $Q$ が小さい場合には、燃料分配管50内は通常の燃圧に制御される。このため時刻 $t_{a20}$ にて噴射開始し時刻 $t_{a21}$ で噴射が終了する。したがって、メインインジェクタ22の噴射口22aから燃料が液状で飛翔するのは領域A3で示すごとくであり、ピストン頂面24aに交差するのは期間Fa2である。

【0109】一方、燃料噴射量 $Q$ が大きい場合には、燃料分配管50内は通常の燃圧よりも高く制御される。このため燃料噴射率が高まり、時刻 $t_{a20}$ にて噴射開始し時刻 $t_c$ で噴射が終了する。したがって、メインインジェクタ22の噴射口22aから燃料が液状で飛翔するのは領域C3で示すごとくであり、ピストン頂面24aに交差するのは期間Fcとなる。

【0110】このように、燃料噴射量 $Q$ が増加すればするほど、燃圧 $P$ が高まることからピストン頂面24aに燃料が付着する時間は早くなり、メインインジェクタ22の噴射口22aとピストン頂面24aとの距離も長くなる。このため、燃料が飛翔の途中で蒸気に変化する割合が増加する。更に、ピストン頂面24aに燃料が付着してから点火時期までの時間が長くなることから、付着された燃料の蒸発量も増加し、点火までには燃料は十分に蒸発する。

【0111】以上説明した本実施の形態3によれば、以下の効果が得られる。

(イ)、運転領域R1において圧縮行程時にメインインジェクタ22から噴射される燃料噴射量 $Q$ の増加に応じ

て燃圧を上昇させて（S2488）、メインインジェクタ22による燃料噴射時間を通常よりも短くしている。このように、燃料噴射時間を通常よりも短くすると、燃料噴射時間全体から見ると、メインインジェクタ22の噴射口22aとピストン頂面24aとの距離が大きくなり、飛翔する間での燃料の蒸発を促進する。このことにより燃料噴射量Qが増加してもピストン頂面24aへの燃料付着量の増加を抑えることができる。しかも、ピストン頂面24aへの燃料付着時期も早くなり、付着燃料の蒸発の余裕が生じる。したがって、燃焼時にピストン頂面24aに付着している燃料量を少なくすることができ、カーボン堆積による問題は生じない。

【0112】（ロ）．前記実施の形態2の（イ）と同じ効果を生じる。

〔その他の実施の形態〕

・前記実施の形態1においては、図17に示したごとく燃料の増加補正量 $\Delta Q$ が存在すると、液状燃料飛翔領域D1がその一部を残してピストン頂面24aに重ならないように燃料噴射開始時期を遅角制御した。しかし、これ以外に、図23に示すごとく液状燃料飛翔領域D3の全域がピストン頂面24aに重複する程度に燃料噴射開始時期を遅角しても良い。この場合においても、吸気行程にて燃料噴射開始時期の遅角がなされれば、燃料噴射時間の全体においてメインインジェクタ22の噴射口22aとピストン頂面24aとの距離が長くなり、その距離を飛翔する間に液状燃料は十分に気化する。このため、たとえピストン頂面24aに液体の燃料が付着しても少量であり直ちに蒸発して、点火時期まで液状燃料がピストン頂面24aに残留することがない。したがって、実施の形態1の効果を生じる。

【0113】・上述とは逆に、図24に示すごとく、燃料噴射時に液状燃料飛翔領域D4とピストン頂面24aとが全く重ならないように燃料噴射開始時期を遅角制御してもよく、実施の形態1の効果を生じさせることができる。

【0114】・運転領域R2では、燃料噴射量Qの増加は吸気行程での燃料噴射量の増加により行われるので、運転領域R2においては、マップに基づいて、燃料噴射量Qの増加に応じて燃料噴射開始時期を遅角したり、燃圧を低下したりすることにより、燃焼時にピストン頂面24aに付着している燃料量を少なくすることができる。

【0115】

【発明の効果】請求項1記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置においては、燃料噴射量が増加されると、燃料噴射時における燃料噴射弁とピストン頂面との距離が、通常、燃料の増量により自ずと変化する距離よりも長くなるように燃料噴射弁による燃料噴射を調整している。このため、燃料が増加しても燃料噴射弁からピストン頂面までの距離が通常よりも長くなり、噴射され

た燃料が液体のまま到達する率が低下する。したがって、燃料が増加してもピストン頂面への燃料付着量を抑制することができる。

【0116】請求項2記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置においては、請求項1記載の構成に対して、燃料の増加は増量補正によるものであることとしている。このように、燃料増加は、要求トルクに応じた増加以外に、触媒の高温化抑制のための燃料増量などの増量補正量も挙げることができる。この場合も、増量補正がなされると、燃料噴射時における燃料噴射弁とピストン頂面との距離が通常よりも長くなるように燃料噴射弁による燃料噴射を調整することにより、請求項1の効果を生じさせることができる。

【0117】請求項3記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置においては、請求項1または2記載の構成に対して、吸気行程にて燃料を噴射する燃料噴射形態では、燃料が増加される場合には燃料噴射開始時期を遅角している。吸気行程では、ピストンは燃料噴射弁から離れつつあるので、吸気行程にて燃料を噴射する場合は、燃料増加があれば燃料噴射開始時期を遅角することにより、燃料噴射弁とピストン頂面との距離を通常よりも長くすることができる。したがって、請求項1または2の効果を生じさせることができる。

【0118】請求項4記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置においては、請求項3記載の構成に対して、燃料が増加される場合の前記燃料噴射開始時期の遅角は、暖機後の吸気行程にて燃料を噴射する場合に行うこととしている。このような吸気行程噴射にて燃料増加された場合の燃料噴射開始時期の遅角は、暖機後に限って行っても良い。このことにより、特に触媒の高温化抑制のための燃料増量などの増量補正時に、請求項3の効果を生じさせることができる。

【0119】請求項5記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置においては、請求項1または2記載の構成に対して、吸気行程にて燃料を噴射する燃料噴射形態では、燃料が増加される場合には、燃料噴射時間を、燃料増加に対応して自ずと変化する燃料噴射時間よりも長くしている。吸気行程にて燃料を噴射する場合は、燃料増加があると、燃料増加に対応して自ずと変化する燃料噴射時間よりも燃料噴射時間を長くすることによっても、燃料噴射時間全体では燃料噴射弁とピストン頂面との距離を通常の増加時よりも長くすることができる。すなわち、燃料増加時には、燃料噴射時間を、燃料増加により自ずと生じる長さよりも長くすると、燃料噴射時間全体としては通常よりも遅角側にずれることになる。そして吸気行程においては燃料噴射時間の終期に近づくほど燃料噴射弁とピストン頂面との距離が長くなる。このため、燃

料が増加すれば燃料噴射時間全体では燃料噴射弁とピストン頂面との距離は長くなる。このことにより、燃料噴射時間全体として、燃料噴射弁とピストン頂面との距離を長くすることができる。したがって、請求項 1 または 2 の効果を生じさせることができる。

【0120】請求項 6 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置においては、請求項 5 記載の構成に対して、燃料が増加される場合には、燃料圧力を低下させることにより、燃料噴射時間を、燃料増加に対応して自ずと変化する燃料噴射時間よりも長くしている。このように、通常の燃料噴射時間より燃料噴射時間を長くする手法として、燃料圧力を低下させる手法を挙げることができる。このことにより請求項 5 の効果を生じさせることができる。

【0121】請求項 7 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置においては、請求項 1 または 2 記載の構成に対して、圧縮行程にて燃料を噴射する燃料噴射形態では、燃料が増加される場合には、燃料噴射時間を短くしている。このように、圧縮行程にて燃料を噴射する場合は、燃料増加時に燃料噴射時間を短くすることによって、燃料噴射時間全体における燃料噴射弁とピストン頂面との距離を通常の増加時よりも長くすることができる。すなわち、燃料噴射開始時期が変わらないのに燃料噴射時間を短くすれば、燃料噴射時間全体は進角側にずれることになる。圧縮行程では、ピストンは燃料噴射弁に近づいてゆくので、圧縮行程においては燃料噴射時間の終期が早ければ早いほど燃料噴射時間全体では燃料噴射弁とピストン頂面との距離が長くなる。したがって、請求項 1 または 2 の効果を生じさせることができる。

【0122】請求項 8 記載の筒内噴射式内燃機関の燃料噴射制御装置においては、請求項 7 記載の構成に対して、燃料が増加される場合には、燃料圧力を上昇させることにより、燃料噴射時間を短くしている。このように、燃料噴射時間を短くする手法として、燃料圧力を上昇させる手法を挙げることができる。このことにより請求項 7 の効果を生じさせることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 実施の形態 1 としての筒内噴射式内燃機関とその制御系の概略構成図。

【図 2】 前記筒内噴射式内燃機関のシリンダヘッドの平面断面図。

【図 3】 前記筒内噴射式内燃機関のピストン頂面の平面図。

【図 4】 図 2 における X-X 断面図。

【図 5】 図 2 における Y-Y 断面図。

【図 6】 実施の形態 1 にて行われる運転領域設定処理のフローチャート。

【図 7】 実施の形態 1 にてアクセル開度 ACCP とエンジン回転数 NE とからリーン燃料噴射量 QL を求めるためのマップの説明図。

【図 8】 実施の形態 1 にて区分される運転領域と燃料噴射形態との関係の説明図。

【図 9】 実施の形態 1 にて行われる燃料噴射量制御処理のフローチャート。

【図 10】 実施の形態 1 にてアクセル開度 ACCP と吸気圧 PM とから理論空燃比基本燃料噴射量 QBS を求めるためのマップの説明図。

【図 11】 実施の形態 1 にて行われる高負荷増量算出処理のフローチャート。

10 【図 12】 実施の形態 1 にてノック遅角反映値 AKNK とエンジン回転数 NE とから遅角増量 FKNK を求めるためのマップの説明図。

【図 13】 実施の形態 1 にて行われるノック制御処理のフローチャート。

【図 14】 実施の形態 1 にて行われる点火時期補正学習処理のフローチャート。

【図 15】 実施の形態 1 にて行われる燃料噴射時期制御処理のフローチャート。

20 【図 16】 実施の形態 1 にて燃料の増加補正量 ΔQ とエンジン回転数 NE とから遅角補正值 θd を求めるためのマップの説明図。

【図 17】 実施の形態 1 による処理の一例を示すタイミングチャート。

【図 18】 実施の形態 2 にて行われる燃料噴射時期制御処理のフローチャート。

【図 19】 実施の形態 2 による処理の一例を示すタイミングチャート。

【図 20】 実施の形態 3 にて行われる燃料噴射時期制御処理のフローチャート。

30 【図 21】 実施の形態 3 にて燃料噴射量 Q とエンジン回転数 NE とから燃圧 Pc を求めるためのマップの説明図。

【図 22】 実施の形態 3 による処理の一例を示すタイミングチャート。

【図 23】 実施の形態 1 の変形例 1 による処理の一例を示すタイミングチャート。

【図 24】 実施の形態 1 の変形例 2 による処理の一例を示すタイミングチャート。

【符号の説明】

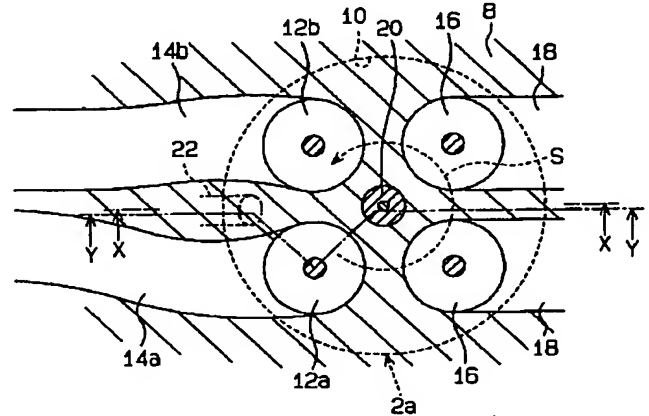
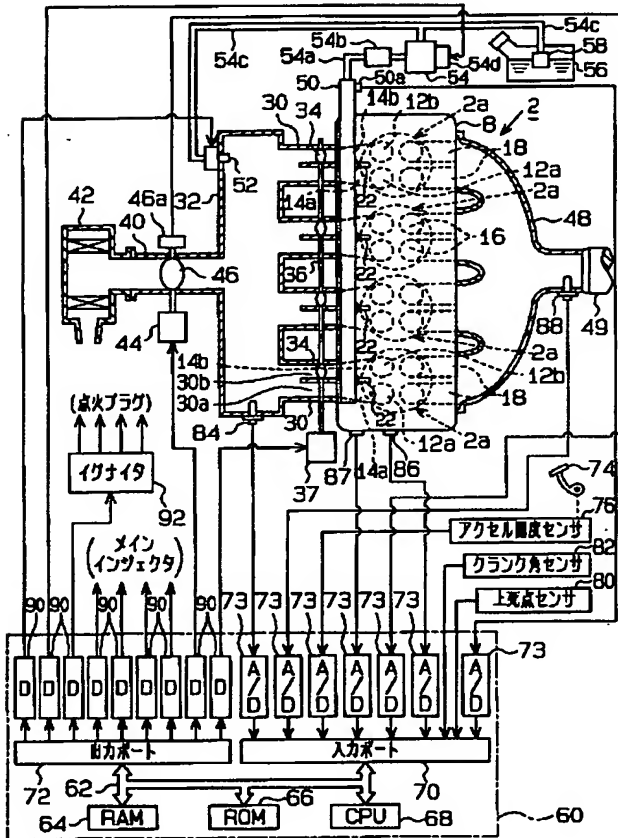
2…エンジン、2a…シリンダ、4…シリンダブロック、6…ピストン、8…シリンダヘッド、10…燃焼室、12a…第 1 吸気弁、12b…第 2 吸気弁、14a…第 1 吸気ポート、14b…第 2 吸気ポート、16…排気弁、17…旋回流制御弁、18…排気ポート、20…点火プラグ、22…メインインジェクタ、22a…噴射口、24…凹部、24a…ピストン頂面、26…周壁面、30…吸気マニホールド、30a…第 1 吸気通路、30b…第 2 吸気通路、32…サージタンク、34…気流制御弁、36…シャフト、37…負圧式アクチュエータ、40…吸気ダクト、42…エアクリーナ、44…モ

ータ、46…スロットル弁、46a…スロットル開度センサ、48…排気マニホールド、49…触媒コンバータ、50…燃料分配管、50a…燃圧センサ、52…サブインジェクタ、54…高圧ポンプ、54a…高圧燃料通路、54b…逆止弁、54c…低圧燃料通路、54d…電磁スปีル弁、56…燃料タンク、58…低圧ポンプ、60…電子制御ユニット(ECU)、62…双方\*

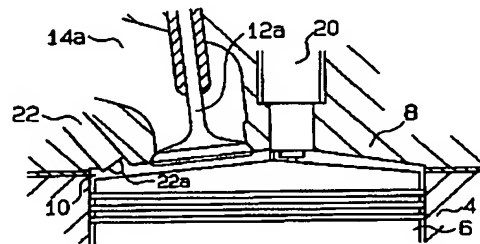
\*向性バス、64…RAM、66…ROM、68…CPU、70…入力ポート、72…出力ポート、73…AD変換器、74…アクセルペダル、76…アクセル開度センサ、80…上死点センサ、82…クランク角センサ、84…吸気圧センサ、86…水温センサ、87…ノックセンサ、88…空燃比センサ、90…駆動回路、92…イグナイタ。

【図1】

【図2】

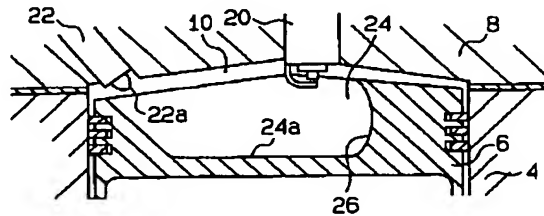
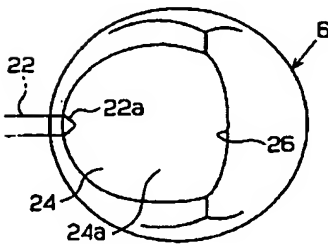


【図5】

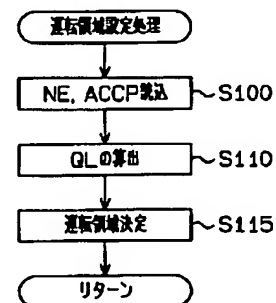


【図3】

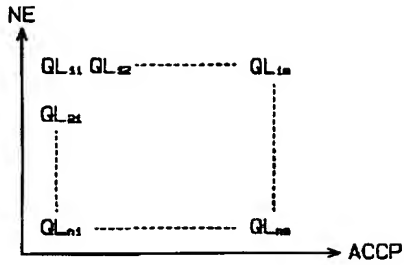
【図4】



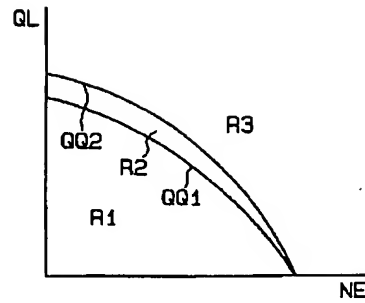
【図6】



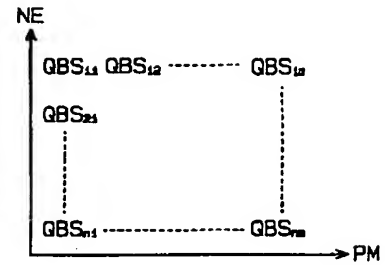
【図7】



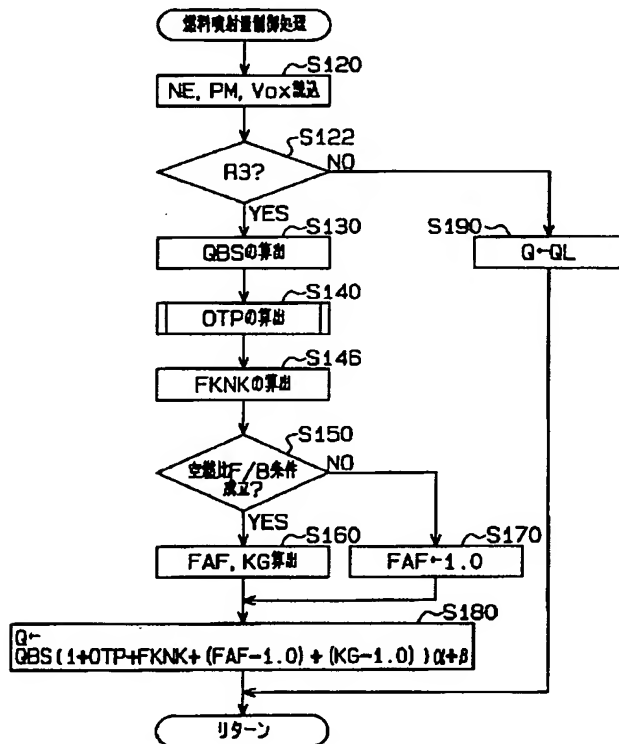
【図8】



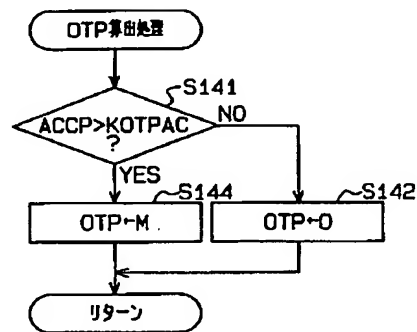
【図10】



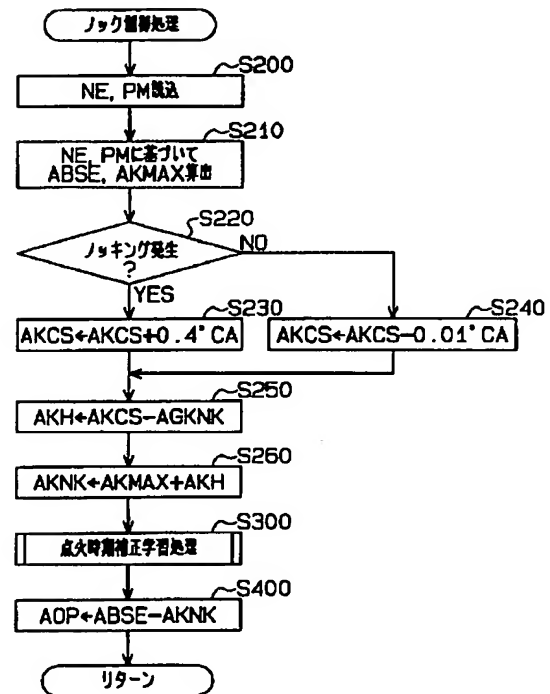
【図9】



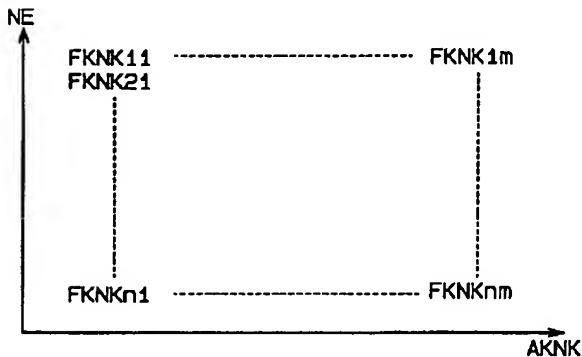
【図11】



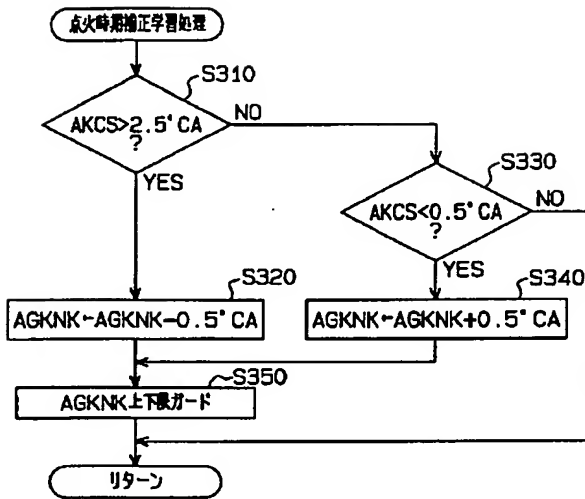
【図13】



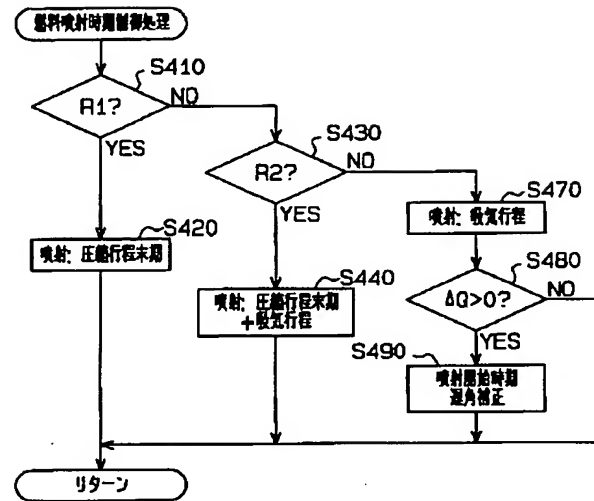
【図12】



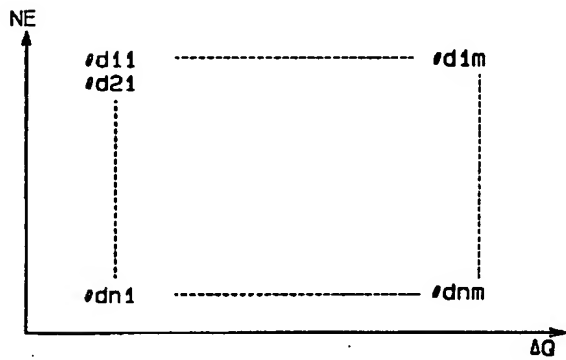
【図14】



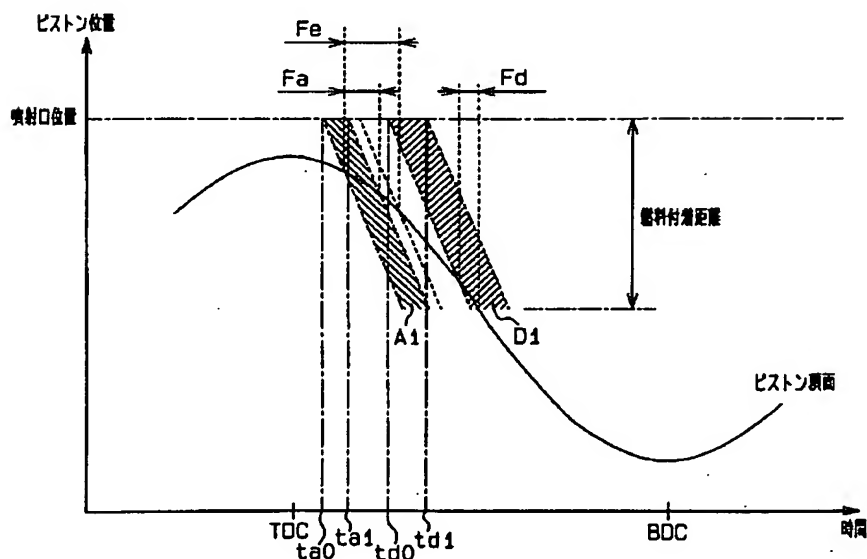
【図15】



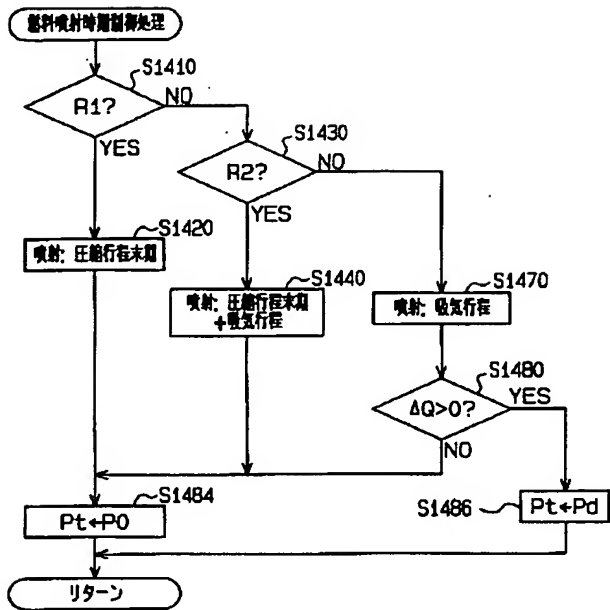
【図16】



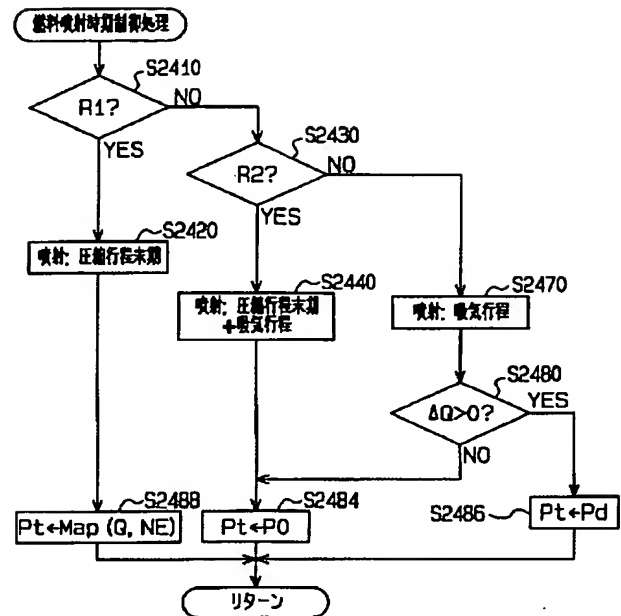
【図17】



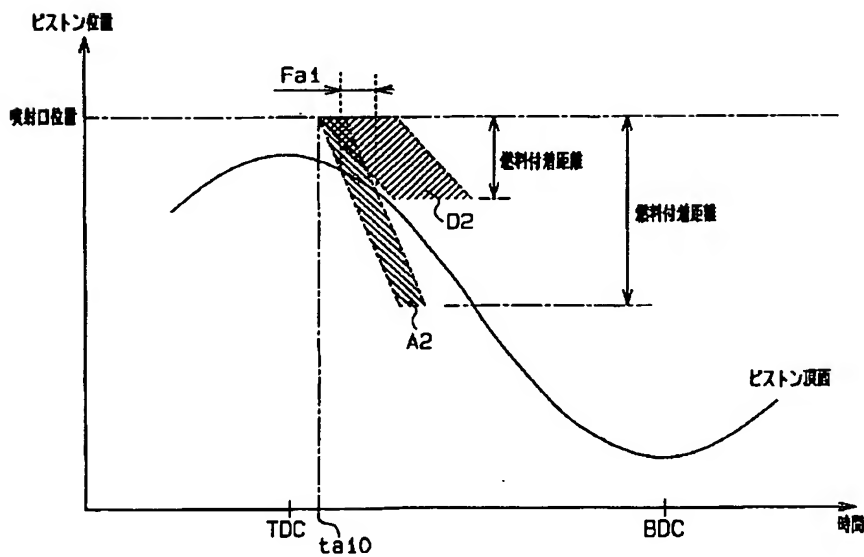
【図18】



【図20】

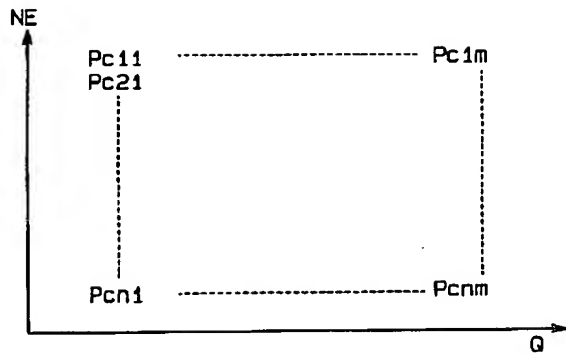


【図19】

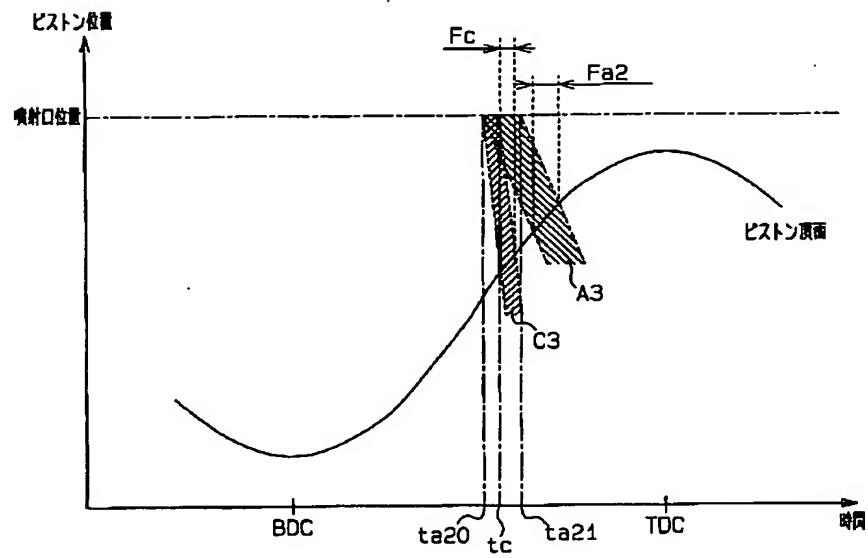




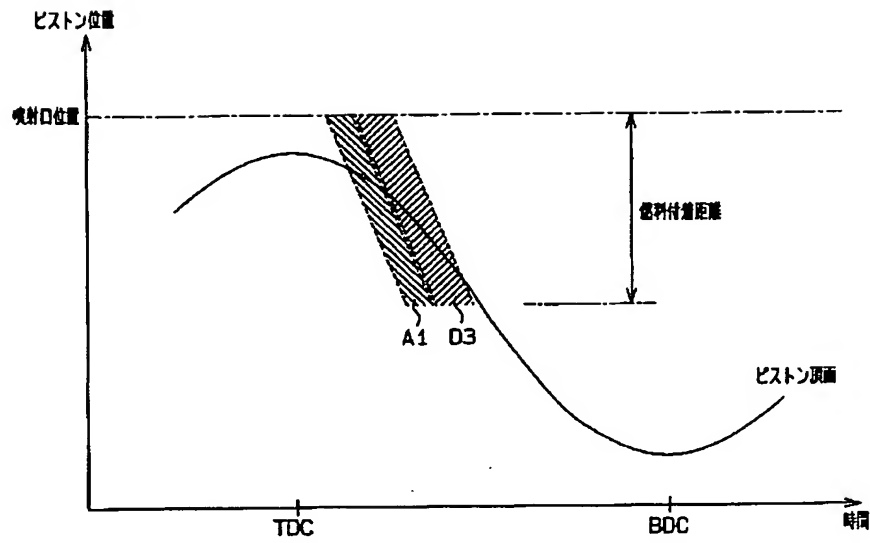
【図21】



【図22】



【図23】



【図24】

